



НАУКА –

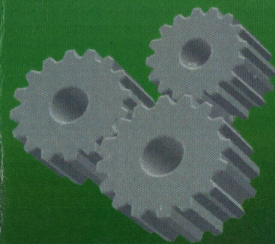
образованию

ПРОИЗВОДСТВУ

ЭКОНОМИКЕ

**Материалы Четвертой
международной
научно-технической
конференции**

1



**Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**НАУКА –
ОБРАЗОВАНИЮ,
ПРОИЗВОДСТВУ,
ЭКОНОМИКЕ**

**Материалы Четвертой международной
научно-технической конференции**

В 2 томах

Том 1

**Минск
2006**

В сборнике представлены материалы Четвертой международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике», тематика которых посвящена актуальным проблемам современной науки.

Редакционная коллегия:

Б.М. Хрусталеv – д-р техн. наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, Ф.А. Романюк – д-р техн. наук, профессор, А.С. Калиниченко, д-р техн. наук.

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. Анищенко В.А., канд. техн. наук, доц. Бобко Н.Н., д-р техн. наук, проф. Федин В.Т., д-р техн. наук, проф. Фурсанов М.И., канд. техн. наук, доц. Радкевич В.Н., канд. техн. наук, доц. Козловская В.Б., канд. техн. наук, доц. Полуянов М.И., канд. техн. наук, доц. Новаш И.В., д-р техн. наук, проф. Карницкий Н.Б., д-р техн. наук, проф. Кулаков Г.Т., канд. техн. наук, доц. Седнин А.В., канд. техн. наук, доц. Разоренов Н.А., д-р техн. наук, доц. Орда А.Н., д-р техн. наук, проф. Шевченко В.С., канд. техн. наук Заболоцкий М.М., канд. техн. наук, доц. Несенчук А.А., канд. техн. наук, проф. Бартош П.Р., д-р техн. наук, проф. Яцкевич В.В., канд. техн. наук, проф. Кишкевич П.Н., д-р техн. наук, проф. Дячек П.И., д-р техн. наук, проф. Трусова И.А., д-р техн. наук, проф. Несенчук А.П., канд. техн. наук, доц. Пшоник М.Г., канд. техн. наук, доц. Кашевская Е.В., д-р техн. наук, проф. Леонович И.И., канд. техн. наук, проф. Барташевич А.А., канд. техн. наук, доц. Петрашевский Р.И., канд. физ.-мат. наук, доц. Олефир Г.И., д-р техн. наук, проф. Гусев О.К., канд. техн. наук, доц. Серенков П.С., канд. техн. наук, доц. Цитович Б.В., канд. техн. наук, доц. Капский Д.В., канд. техн. наук Жорник В.И., канд. техн. наук, доц. Лакин В.И., канд. техн. наук, доц. Михалеvич В.Г., канд. техн. наук, доц. Недбальский В.К., д-р техн. наук, проф. Ложечников Е.Б., д-р техн. наук, доц. Качанов И.В., канд. техн. наук, доц. Касперов Г.И., канд. техн. наук, проф. Галушко А.М., д-р техн. наук, проф. Исаевич Л.А., д-р техн. наук, проф. Богинский Л.С., д-р техн. наук, проф. Ковалевский В.Н., д-р техн. наук, проф. Жданович Г.М., канд. техн. наук, доц. Бабаскин Ю.Г., канд. геогр. наук, доц. Михайлов В.И., канд. техн. наук, доц. Киричок О.И., канд. техн. наук, доц. Позняк А.С., канд. техн. наук, доц. Матиек С.И., канд. техн. наук, доц. Лившиц Ю.Е., канд. техн. наук Нисс В.С., д-р физ.-мат. наук Кудешов Н.В., канд. техн. наук, проф. Жизняков С.Н., канд. техн. наук, доц. Цыбуленко П.В., канд. техн. наук, доц. Таяновский Г.А., д-р техн. наук, проф. Кухаренок Г.М., ст. науч. сотр. Жилиянин Д.Л., д-р техн. наук, проф. Соколов Ю.В., канд. техн. наук Ильин В.П., канд. техн. наук, проф. Павлович С.Н., канд. техн. наук Кузьменков О.И., канд. техн. наук, доц. Гульков Г.И., канд. техн. наук, доц. Рахлей А.И., д-р экон. наук, проф. Ивуть Р.Б., канд. экон. наук, доц. Антюшня Д.М., канд. экон. наук, доц. Тозик А.А.

**Технические и прикладные
науки**

Электроэнергетика

Нечетко-интервальная шкала предпочтений трансформаторов

Анищенко В.А., Кирспу А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Традиционные методы выбора трансформаторов основываются на точечной оценке расчетной нагрузки и четко-интервальном представлении предпочтений их типоразмеров. Однако в ряде случаев такая методика выбора не позволяет произвести выбор оптимального типоразмера трансформатора, т.к. точечная оценка нагрузки не несет информацию о погрешности расчета и прогнозе изменения нагрузки [1]. Использование четко-интервальной шкалы предпочтений трансформаторов не позволяет количественно оценить приемлемость выбора типоразмера трансформатора.

Переход от точечных значений исходных данных к интервальным значениям дает возможность учитывать неопределенность информации о расчетной электрической нагрузке.

Следуя методике теории нечетких множеств в качестве критерия выбора мощности трансформатора $S_{нт}$ выступает функцией желательности $\mu(S)$ [2]. На рис. 1 представлена функция желательности для однострансформаторной подстанции.

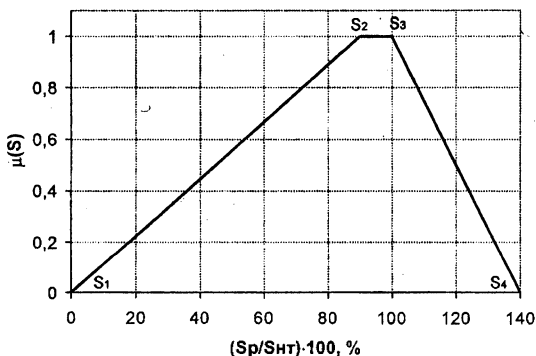


Рис. 1. Функция желательности расчетной нагрузки

Функция желательности представлена нечетким интервалом трапецеидального вида с четырьмя реперными точками $\{S_1, S_2,$

S_3, S_4 }. Четырехреперное представление значительно уменьшает количество вычислений при выполнении арифметических операций и снижает неопределенность итоговых результатов.

В качестве аргумента функции выступает полная электрическая мощность нагрузки S_p , отнесенная к номинальной мощности трансформатора $S_{нт}$ и выраженная в процентах $(S_p/S_{нт}) \cdot 100$. Это позволяет рассматривать функцию желательности применительно к любому типоразмеру трансформатора.

Интервал $[S_2, S_3]$ соответствует максимуму функции, т.к. при нагрузке 90–100% от номинальной мощности трансформатора наблюдается наилучшее использование мощности трансформатора в условиях однострансформаторной подстанции, где коэффициент загрузки k_3 должен быть в пределах 0,9–1. Верхняя граница интервала $[S_1, S_2]$ соответствует максимальному значению перегрузочной способности трансформатора ($k_3=1,4$). Как видно из рис. 1, режим перегрузки тем менее предпочтителен, чем выше ее значение.

Нижний предел функции желательности показывает, что эксплуатация трансформатора допускается и ниже 90%, однако предпочтение такого режима снижается с уменьшением значения нагрузки. Это объясняется тем, что не используется в полной мере мощность трансформатора.

Таким образом, используя математический аппарат теории нечетких множеств, можно перейти от четко-интервальных представлений предпочтений типоразмеров трансформаторов к более информативному нечетко-интервальному представлению (рис. 2).

На рис. 2 представлены три нечетких интервала сплошной линией и три четких интервала пунктирной линией. Нечеткий интервал 1 отражает функцию желательности для трансформатора 630 кВА установленного на однострансформаторной подстанции, интервал 2 – трансформатор 1000 кВА, а интервал 3 – трансформатор 1600 кВА.

Применяя полученные функции желательности можно произвести выбор необходимого типоразмера трансформатора на базе точечного значения нагрузки. Для использования интервального значения нагрузки необходимо получить ее функцию принадлежности.

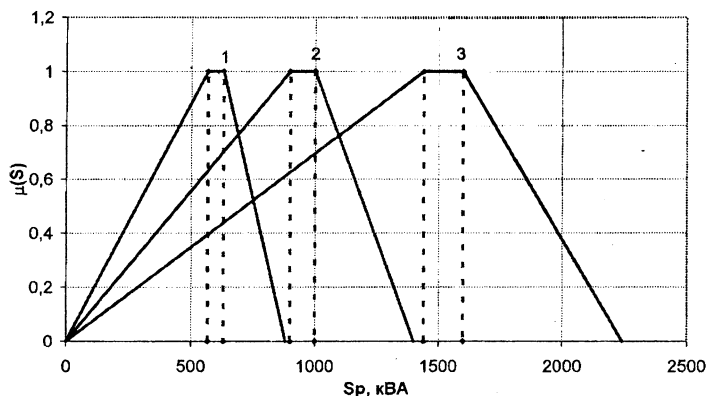


Рис. 2. Нечетко-интервальное представление предпочтений трансформаторов

Рассмотрим методику выбора трансформатора основанную на использовании теории нечетких множеств.

Прежде всего, необходимо представить расчетную нагрузку в виде неопределенной характеристики, которая может быть задана нечеткими интервалами, четкими интервалами или распределениями вероятностей. Наибольшая неопределенность и, соответственно, наименьший объем полезной информации имеют место при описании нагрузки четкими интервалами. Однако из практики проектирования известно, что методы расчета электрической нагрузки дают погрешность 10% при точно известных технологических режимах, известной технологической карте, строго циклическом процессе и т.д. При невыполнении этих условий погрешность может увеличиваться в несколько раз. Наличие такой информации позволяет реализовать математическую формализацию неопределенности нагрузки с помощью нечетких интервалов трапециевидального вида. Применение вероятностного распределения не представляется возможным, т.к. нельзя охарактеризовать конкретными числами отношения между возможностями реализации различных значений нагрузки.

Можно построить функцию принадлежности расчетной нагрузки $\eta(S)$ в виде нечеткого интервала трапециевидального вида с четырьмя реперными точками $\{S_{1P}, S_{2P}, S_{3P}, S_{4P}\}$ (рис. 3) [2].

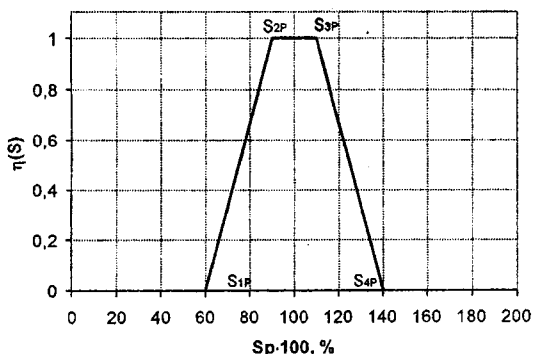


Рис. 3. Функция принадлежности расчетной нагрузки

Интервал $[S_{2P}, S_{3P}]$ соответствует максимуму функции, т.к. метод расчета нагрузки гарантирует погрешность 10%.

Ширина интервала $[S_{1P}, S_{4P}]$ зависит от выполнения условий строгой цикличности технологического процесса. Помимо этого на верхнюю границу интервала S_{4P} может оказывать влияние прогноз увеличения нагрузки в будущем.

В результате выбор типоразмера трансформатора производим путем сравнения нечетких интервалов функции желательности и функции принадлежности.

Таким образом, используя же нечеткие интервалы функции желательности, проектировщик может количественно оценить приемлемость выбора того или иного типоразмера трансформатора, и как результат этого принять решение или об удовлетворительности расчета нагрузки и выбора трансформатора, или о необходимости корректировки схемы системы электроснабжения для изменения условий загрузки трансформатора.

Литература

1. В.А.Анищенко, А.Ю.Кирспу Учет неопределенности исходной информации при проектировании систем электроснабжения. Материалы третьей международной научно-технической конференции «Наука – образованию, производству, экономике», Мн.: БНТУ, 2006, с.19
2. Zadeh L.A. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility // Fuzzy Sets and Systems. 1978. Vol. 1. № 1. P. 3 – 28.

Определение эксплуатационных параметров электрических сетей промышленных объектов на ПЭВМ

Трушников А.Л., Радкевич В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Для оценки технической возможности и целесообразности изменения числа параллельно работающих силовых трансформаторов необходимо знать распределение нагрузки между оставшимся в работе электрооборудованием.

С целью расчета токораспределения можно составить схему замещения, на которой все элементы заменяются эквивалентными им комплексными сопротивлениями, а источники питания (ИП) - соответствующими комплексными ЭДС и внутренними сопротивлениями. При этом все связи между элементами сохраняются. Расчет необходимо начать с приведения схемы к простейшему виду (рисунок 1), при котором количество эквивалентных сопротивлений сведено к минимуму с помощью известных правил преобразования сложных схем к простым. Среди этих правил - преобразование параллельных и последовательных соединений, соединений типа «звезда» и «треугольник» к эквивалентным сопротивлениям.

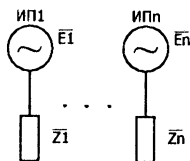


Рис. 1. Эквивалентная схема простейшего вида

Когда полная схема замещения СЭС приведена к простейшему виду, можно вычислить комплексные токи источников питания по формуле

$$\bar{I}_i = \frac{\bar{E}_i}{Z_i}, \quad i = \bar{1}, n, \quad (1)$$

где E_i - эквивалентная комплексная ЭДС i -го источника питания;

Z_i - эквивалентное комплексное сопротивление схемы, приведенное к i -му источнику питания.

Далее, при известных значениях токов источников питания, можно приступить к распределению токов по элементам эквивалентной схемы. Для этого необходимо применить ряд правил: - если рассматриваемый элемент является единственным присоединенным к предыдущему элементу последовательно (рисунок 2) и известны напряжение U_2 и ток I_2 предыдущего элемента, то ток и уровень напряжения в конце элемента определяются по выражениям

$$\bar{I}_2 = \bar{I}_1, \quad (2)$$

$$\bar{U}_3 = \bar{U}_2 - \bar{I}_2 \bar{Z}_2; \quad (3)$$

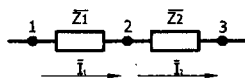


Рис. 2.

- если для рассматриваемого элемента известны уровни напряжения начала U_H и конца U_K , то ток элемента определяется по выражению

$$\bar{I} = \frac{(\bar{U}_H - \bar{U}_K)}{\bar{Z}}; \quad (4)$$

- если рассматриваемый элемент представляет собой нагрузку и известен уровень напряжения в его начале, то ток элемента определяется по формуле

$$\bar{I} = \frac{\bar{U}_H}{\bar{Z}}; \quad (5)$$

- если рассматривается узел из n -элементов (рисунок 3), известны токи $(n-1)$ элементов и напряжение в узле, в таком случае параметры элемента, подлежащие определению, рассчитываются по выражениям

$$\bar{I}_n = \sum_{i=1}^{n-1} \bar{I}_i, \quad (6)$$

$$\bar{U}_n = \bar{U}_1 - \bar{I}_n \bar{Z}_n, \quad (7)$$

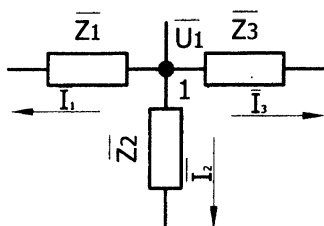


Рис. 3

- если рассматривается узел из n -элементов и неизвестны токи по крайней мере двух элементов, то необходимо подробнее рассмотреть цепи, начинающиеся с элементов, токи которых неизвестны. В случае, когда цепь содержит только последовательно и параллельно соединенные элементы, находится ее эквивалентное сопротивление и рассчитывается ток последовательной цепи по выражению (2). Если же цепь содержит узлы, то расчет ведется способом, описанным ниже.

Когда при применении перечисленных правил в определенной последовательности невозможно вычислить токи и уровни напряжения в отдельных узлах, то выделяется часть схемы с нерассчитанными параметрами, определяются уровни напряжения в узлах этой части и получившаяся схема рассчитывается заново. При этом узлы (рисунок 4,а) рассекаются на простые ветви (рисунок 4,б), в начале которых присоединяются эквивалентные источники питания (рисунок 4,в).

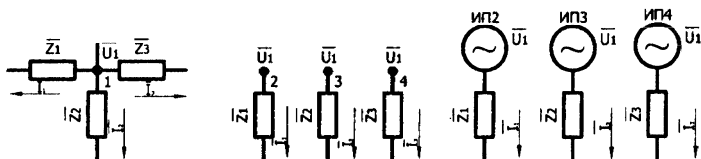


Рис. 4

После такого преобразования расчет ведется как для новой схемы, а по окончании расчета результаты присоединяются к полученным ранее.

В результате выполнения расчета токораспределения оказываются известными токи и уровни напряжения для всех элементов схемы СЭС. Далее вычисляются остальные интересные

параметры, например, потери активной ΔP_i и реактивной ΔQ_i мощности

$$\Delta \bar{S}_i = \Delta P_i + j\Delta Q_i = \frac{(\bar{U}_n - \bar{U}_k)^2}{Z_i}. \quad (8)$$

Необходимо отметить, что не существует четкой последовательности применения перечисленных преобразований, так как она зависит от конфигурации схемы. При некоторых типах схем (например, разомкнутых) ряд преобразований вообще не производится. Для этого необходимо после каждого преобразования проверять необходимость логически следующего преобразования и по результату проверки определять последовательность вычислений.

На основе изложенного создан алгоритм вычислений, который можно реализовать практически на любом языке программирования для ЭВМ. Алгоритм разбит на логически обособленные части – подпрограммы, каждая из которых выполняет определенное преобразование.

Для определения конфигурации схемы замещения в памяти ЭВМ применена методика, сходная с методом вторичных адресных отображений, т.е. положение в схеме каждого элемента определяется номером его начала и конца. Также каждый элемент имеет ряд параметров - эквивалентное сопротивление, уровни напряжений на входе и выходе, ток через элемент и т.д.

Выводы

1. Рассмотренный алгоритм основан на простейших правилах преобразования, поэтому имеет невысокую степень погрешности вычислений;
2. Построение программы на основе разработанного алгоритма дает простой инструмент технической оценки эффективности и целесообразности применения мероприятий по оптимизации работы систем электроснабжения (СЭС) промышленных предприятий.
3. Программа, созданная на основе описанного алгоритма позволяет оценить эксплуатационные параметры СЭС промышленных предприятий при прогнозируемых изменениях нагрузок и генерирующих мощностей.

Анализ отказов кабельных линий городских электрических сетей

Романов Р.В., Радкевич В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Решение многих задач эксплуатации электрических сетей требует анализа и количественной оценки отказов распределительных линий 6-10кВ. Для повышения эксплуатационных характеристик сетей необходимо знать причины отказов линий электропередачи, разрабатывать и внедрять мероприятия по повышению надежности электроснабжения. С этой целью произведен анализ отказов, произошедших с 1995 по 2005 годы в кабельных сетях напряжением 6-10кВ крупного города.

Полученные опытным путем фактические данные по отказам статистически обработаны и проанализированы по месяцам и кварталам года. Для каждого месяца и квартала за рассмотренный период определены общее количество отказов, вариация (максимальное и минимальное число отказов), математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение числа отказов от математического ожидания.

В течение месяца наибольшее число отказов (127) произошло в августе 2005 года, а наименьшее (25) - в феврале 1996 года. Минимальное значение математического ожидания числа отказов за месяц относится к февралю (44,82), а максимальное - к июню (72,91).

Наибольшее число отказов за весь период наблюдения имело место во втором квартале года (2377), что составляет около 30% от общего числа отказов (8077). Среднее число отказов за второй квартал (216,09) значительно больше, чем за другие кварталы: I-129,55; III-201,73; IV-166,91. Однако в последние годы (2003-2005) наметилась тенденция к смещению максимума повреждаемости кабельных линий на III квартал. В частности, в третьем квартале 2005 года достигнут максимум повреждаемости за квартал в течение рассматриваемого периода (324).

Рост числа отказов в весенне-летний период можно объяснить следующими причинами:

1. Активизацией земляных работ, производимых в черте города.

2. Весенними подвижками грунтов на трассах кабельных линий.

3. Повышением температуры окружающей среды.

Основными причинами повреждения кабельных линий напряжением 6-10кВ являются прямые механические повреждения, коррозия металлической оболочки, дефекты изготовления и монтажа кабеля, тепловой износ изоляции жил кабеля и др.

Следует отметить, что в последние годы общее количество повреждений существенно увеличилось. В сравнении с 1995 годом в 2005 году число отказов кабельных линий увеличилось более чем в два раза. При этом суммарная длина линий возросла не более чем в 1,3 раза. Поэтому представляет интерес количественная оценка удельной повреждаемости кабельных линий. Для этого определены средние значения параметра потока отказов и наработки на отказ для каждого года за период наблюдений (таблица 1).

В рассмотренных городских сетях в основном используются кабели с пропитанной бумажной изоляцией. Доля кабелей с полимерной изоляцией в общей протяженности сети пока незначительна, однако она постоянно увеличивается. В связи с этим целесообразно приближенно оценить значение удельной повреждаемости кабелей 6-10 кВ с пластмассовой изоляцией.

Учитывая высокую электрическую прочность и хорошие эксплуатационные свойства кабелей с полимерной изоляцией, можно предположить, что основной причиной повреждения таких кабелей будут прямые механические воздействия. Это подтверждается опытом эксплуатации кабельных линий с изоляцией из сшитого полиэтилена в городских сетях 6-10кВ.

Принимая во внимание, что прямые механические воздействия составляют около 5% от общего числа повреждений, можно полагать, что параметр потока отказов (при сохранившемся уровне эксплуатации сети) ориентировочно будет равным $0,013 \cdot 1 / (\text{км} \cdot \text{г})$.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. Параметр потока отказов кабельных линий имеет тенденцию к росту. Это можно объяснить тем, что кабели с пропитанной бумажной изоляцией постепенно вырабатыва-

ют свой ресурс, который в первую очередь обусловлен старением и тепловым износом изоляции.

2. Параметр потока отказов кабельных линий, проложенных в земле, существенно выше (в 3,5-8 раз) значений, приводимых в технической и справочной литературе. Поэтому при решении эксплуатационных задач, требующих учета повреждаемости кабельных линий, следует использовать фактические параметры потока отказов.
3. Постепенная замена кабелей с пропитанной бумажной изоляцией, выработавших свой ресурс, на кабели с пластмассовой изоляцией позволит существенно снизить повреждаемость кабельных линий и повысить эксплуатационные характеристики городской электрической сети напряжением 6-10 кВ.

Таблица 1

Характеристики повреждаемости кабельных линий 6-10кВ

№	Год	Суммарная длина кабельных линий, км	Общее число отказов, шт	Параметр потока отказов, 1/(км*г)	Средняя наработка на отказ Тн, г
1	1995	2414,3	492	0,204	4,902
2	1996	2444,3	574	0,235	4,255
3	1997	2468,7	656	0,266	3,759
4	1998	2523,3	668	0,265	3,774
5	1999	2582,0	613	0,237	4,219
6	2000	2635,9	660	0,250	4,0
7	2001	2738,1	677	0,247	4,049
8	2002	2871,6	882	0,307	3,257
9	2003	2938,0	766	0,261	3,831
10	2004	2992,3	1062	0,355	2,817
11	2005	3080,5	1027	0,333	3,003
	Среднее значение	2608,1	734,3	0,269	3,806

Экспериментальные статические характеристики нагрузки современных бытовых электроприемников

Волков А.А.

Белорусский национальный технический университет

За последнее время, как на производстве, так и в быту появилось достаточно большое количество качественно новых электроприемников, характеристики, которых требуют всестороннего изучения. Одной из таких характеристик является зависимость потребляемой активной и реактивной мощности от подведенного напряжения.

В данной работе была поставлена задача исследования статических характеристик по напряжению некоторых современных электроприемников.

Для проведения экспериментальной части были использованы лабораторный автотрансформатор ЛАТР, измерительный комплект К505 и фазометр. Принципиальная схема измерений представлена на рисунке 1.

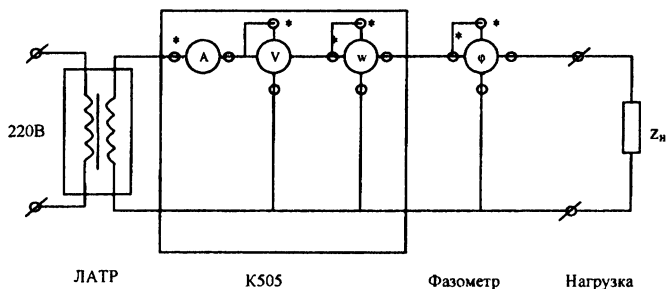


Рис. 1. Принципиальная схема проведения измерений

Измерения проводились как при снижении напряжения так и при его повышении до номинального значения. Кроме того, для устранения погрешностей, которые могли быть вызваны “человеческим фактором”, показания снимались независимо несколькими людьми.

Были исследованы следующие электроприемники: утюг Philips Comfort steam HI 205; тостер Domotec MS-4024A; чайник Moulinex; фен; пылесос LG V-C3044.

На рисунке 2 представлены зависимости потребляемой активной мощности для утюга, тостера и чайника и двух режимов работы фена, а на рисунке 3 зависимости потребляемой активной и реактивной мощности пылесоса.

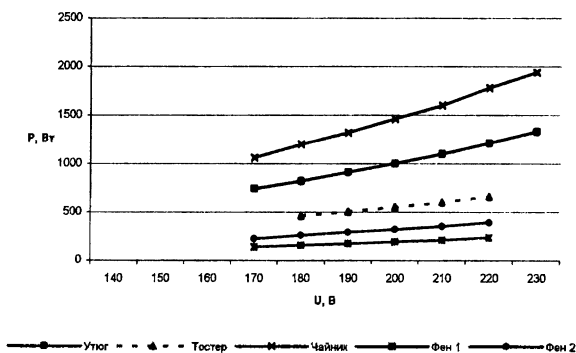


Рис. 2. Статические характеристики по результатам измерений

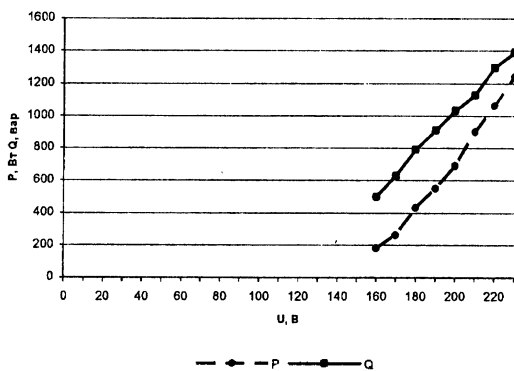


Рис. 3. Статические характеристики пылесоса по результатам измерений

Аналитические зависимости были определены в виде

$$P_H = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot U + \alpha_2 \cdot U^2;$$

$$Q_H = b_0 + b_1 \cdot U + b_2 \cdot U^2,$$

где значения коэффициентов квадратичных уравнений α_0 , α_1 и α_2 определялись из решения системы уравнений вида

$$\begin{aligned} \alpha_0 \cdot n + \alpha_1 \cdot \sum U_i + \alpha_2 \cdot \sum U_i^2 &= \sum P_{нi}; \\ \alpha_0 \cdot \sum U_i + \alpha_1 \cdot \sum U_i^2 + \alpha_2 \cdot \sum U_i^3 &= \sum U_i \cdot P_{нi}; \\ \alpha_0 \cdot \sum U_i^2 + \alpha_1 \cdot \sum U_i^3 + \alpha_2 \cdot \sum U_i^4 &= \sum U_i^2 \cdot P_{нi}, \end{aligned}$$

где n – число измерений.

Значения b_0 , b_1 и b_2 при необходимости определялись аналогичным образом.

В результате расчетов получены следующие характеристики:

- утюг $P_n = 0,388 - 0,901 \cdot U + 1,513 \cdot U^2$;
 - тостер $P_n = 0,733 - 1,714 \cdot U + 1,981 \cdot U^2$;
 - чайник $P_n = 0,235 - 0,538 \cdot U + 1,303 \cdot U^2$;
 - фен $P_n = 0,678 - 1,563 \cdot U + 1,885 \cdot U^2$;
 - пылесос $P_n = 0,023 - 1,734 \cdot U + 2,711 \cdot U^2$;
- $$Q_n = -1,534 + 3,158 \cdot U - 0,625 \cdot U^2.$$

Графические зависимости статических характеристик электроприемников по напряжению представлены в относительных единицах на рисунке 4.

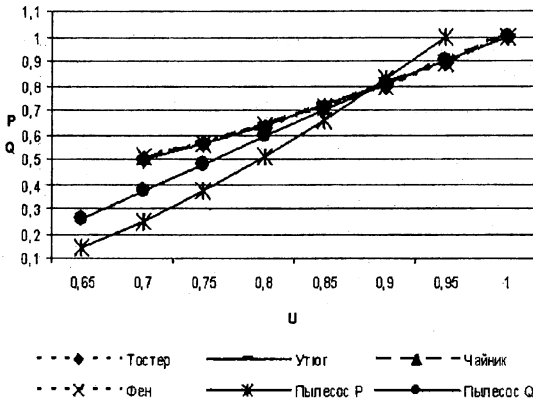


Рис. 4. Статические характеристики электроприемников

В настоящее время проводятся исследования статических характеристик других электроприемников. Представляется необходимым усовершенствование измерений для слаботочной техники, а также поиск альтернативы косвенному измерению реактивной мощности.

Предпосылки формирования межгосударственных электропередач

Семенков Д.Н.

Белорусский национальный технический университет

Организация совместной работы энергосистем и энергообъединений на оси Восток-Запад соответствует общим интеграционным процессам в Европе и является взаимовыгодной для всех участников с Востока и с Запада, особенно находящихся на стыке Восточного и Западного энергообъединений.

На Востоке, на основе ЭЭС России восстановлена параллельная работа энергосистем практически в границах ЭЭС СССР плюс параллельно работающее энергообъединение Средней Азии (300 ГВт). Значительно повышено качество и надежность функционирования Восточного энергообъединения.

На Западе, на основе UCTE (до 2001 г. UCPTЕ) формируется Трансевропейская синхронная объединенная электроэнергетическая система (TESIS). К первоначально входившим в UCTE энергосистемам 12 государств континентальной Западной Европы (Бельгия, Германия, Испания, Франция, Греция, Италия, Югославия, Лихтенштейн, Нидерланды, Австрия, Португалия, Швейцария, 460 ГВт, 2000 ТВт•ч в год) в настоящее время присоединилось и работает параллельно энергообъединение CENTREL (Венгрия, Польша, Словакия и Чехия, 60 ГВт, 300 ТВт•ч в год), в ближайшее время планируется включить энергосистемы Румынии, Болгарии и "остров Бурштынской ГРЭС"

Эти два энергообъединения суммарной установленной мощностью около 800 ГВт при отсутствии географических препятствий и при наличии мощных и простаивающих электрических связей напряжением 750 - 400 - 220 кВ пропускной способностью более 7000 МВт в настоящее время практически не взаимодействуют.

Основные технические проблемы, которые необходимо решить в Восточном энергообъединении при организации синхронной работы энергообъединений, связаны с подготовкой к параллельной работе:

- линий, составляющих электропередачу Восток – Запад и в настоящее время неиспользуемых, а также соответствующего оборудования и автоматики приграничных подстанций;

- электростанций, прежде всего, тепловых, предназначенных для участия в регулировании частоты и мощности;

- систем автоматического и оперативного технологического управления.

Исследования показали, что с технической точки зрения нет непреодолимых и ресурсоемких препятствий для организации параллельной работы энергообъединений стран СНГ и Балтии с TESIS. Имеющиеся технические проблемы могут быть разрешены поэтапно, в течение 2-3 лет - в минимальном объеме, достаточном для перехода на параллельную работу, и еще в течение примерно 3 лет - в полном объеме.

Существующие межгосударственные электрические связи предоставляют возможность поэтапного освоения достаточно большой пропускной способности (до 6-7 ГВт)[1].

Однако образование межгосударственных связей потребует рассмотрение, а скорее всего исследования по режимам линий учитывающие волновой характер распространения электромагнитной волны, что должно привести к контролю напряжения по длине линий. Но при этом обостряется проблема обеспечения нормального распределения напряжения вдоль протяженных линий.

Синхронное объединение в наибольшей степени способствует экономической и технологической интеграции партнеров и в связи с этим имеет долгосрочное стратегическое преимущество перед другими видами взаимодействия. Достоинством синхронного объединения является обеспечение наиболее свободного, равноправного доступа партнеров к общему рынку электроэнергии.

Для Восточного энергообъединения в составе параллельно работающих энергообъединений и энергосистем стран СНГ и Балтии включение на синхронную работу с TESIS означает принятие определенной ответственности за постоянное поддержание на согласованном уровне качества электроэнергии и надежности. Это требует совершенствования функционирования с поэтапным переходом на новый технологический уровень, обеспечивающий, в частности, большую степень автоматизации

управления, более строгое поддержание заданных характеристик элементов, выполнение международных экологических нормативов, требований по ядерной безопасности и др.

О мероприятиях по реализации синхронной работы.

Основные направления организационно-технических мероприятий:

- разработка совместных технических требований к партнерам по параллельной работе;

- анализ и уточнение первоочередных направлений и вариантов осуществления параллельной работы;

- восстановление существующих межгосударственных электрических связей;

- подготовка выделенных электростанций к активному участию в регулировании, частоты и мощности;

- мероприятия по обеспечению качества регулирования частоты в пиковый период до привлечения ТЭС к вторичному регулированию частоты;

- модернизация системы автоматического регулирования частоты и мощности (АРЧМ) с учетом, в частности, установки системы регулирования перетоков активной мощности в сечении Восток – Запад;

подготовка противоаварийной автоматики в связи с изменением условий ее работы (прежде всего систем автоматического предотвращения нарушений устойчивости, АЧР и устройств автоматической мобилизации резерва, а также устройств автоматической ликвидации асинхронного режима в районах, прилегающих к границам);

- адаптация диспетчерского управления.

- развитие и модернизация телекоммуникаций для обеспечения задач автоматического и оперативного технологического управления.

Необходимо также выполнение экономических исследований, связанных с оценкой как эффективности параллельной работы энергообъединений, так и затрат на ее подготовку, включая оценку необходимых для проведения мероприятий.

Основная работа по подготовке синхронного объединения должна быть проведена в энергосистемах Украины, России, Беларуси, стран Балтии, прилегающих к сечению Восток - Запад.

Важнейшим ближайшим этапом работ является подготовка и проведение кратковременной экспериментальной параллельной работы Восточной зоны с TESIS. Цели этого этапа:

- подготовка и опробование всех элементов, необходимых для осуществления параллельной работы включая силовое оборудование, автоматику и диспетчерское управление и объеме, необходимом для экспериментальной параллельной работы;

- определение совместных и частных характеристик энергообъединений в отношении регулирования частоты и мощности, нерегулярных колебаний перетоков мощности, демпфирования низкочастотных электромеханических колебаний, надежности;

- отработка в миниатюре организационных решений и документов по технологическим, экономическим (и политическим) вопросам параллельной работы, а также уточнение требований к системе и методике измерений;

- уточнение необходимого объема мероприятий для организации постоянной параллельной работы;

- демонстрация возможности осуществления параллельной работы.

Принципиальная программа экспериментальной работы и перечень необходимых подготовительных мероприятий в настоящее время разрабатываются Центром технологий развития энергообъединений РАО "ЕЭС России".

Россия и страны СНГ подчеркивают, что восточное энергообъединение (а оно практически сопоставимо по мощности с западно-европейским энергообъединением, и внешние характеристики его работы, параметры электрического режима абсолютно соответствует возможности синхронизации) должно не присоединяться, а объединяется с энергосистемой Европы. При этом восточная сторона гарантирует, что качество функционирования западно-европейского энергообъединения не только не понизится, но и улучшится [2].

Литература

1. Бондаренко, А.Ф. Проблемы и задачи синхронного объединения ЕЭС России с европейскими энергосистемами. // Электрические станции. – 2002. - №4.

2. Кучеров, Ю.Н. ЕЭС России и энергосистемы Европейских стран - пути сотрудничества. // Энергия России. – 2002. - №29(99).

Оценка расхода топлива для производства электроэнергии на электростанциях промышленных предприятий

Старжинский А.Л.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время на некоторых предприятиях Республики Беларусь имеются собственные электростанции, обеспечивающие тепловой энергией технологический процесс или установленные в последние годы в целях экономии энергоресурсов, и представляют собой паротурбинные установки с противоаварийными турбинами мощностью от 0,5 до 3,5 МВт. Они работают в качестве редуктора для снижения избыточного давления пара, например с 1,3 МПа и температуре $t=191$ °С, вырабатываемого котельной предприятия, до требуемых параметров, необходимых для ведения технологического процесса. Применение противоаварийной турбины вместо обычно применяемых редуцирующе-охлаждающих установок (РОУ) позволяет полезно использовать (срабатываемый на рабочих лопатках) потенциал парового потока для получения электроэнергии [1, с. 6]. В схеме с установкой противоаварийной турбины обычное РОУ сохраняется как резервное на период плановых или аварийных остановов турбины. Удельные затраты топлива при использовании противоаварийной турбины несколько выше по сравнению с РОУ, т.к. производство электроэнергии связано с дополнительной потерей энергии в турбине (потери пара через концевые уплотнения, механические потери), редукторе, генераторе (механические и электрические потери).

Рассмотрим одно предприятие пищевой промышленности, требующее по технологии производства пар давлением 0,3-0,38 МПа и температурой 130-140 °С. На данном предприятии принята попытка снизить недоиспользование потенциальной энергии пара, полученной от сжигания топлива в котельной, за счет того, что пар вместо РОУ, направляется на паротурбинную установку для производства электроэнергии. Для этого в пристройке к производственному цеху установлена параллельно РОУ противоаварийная турбина мощностью 1,5 МВт, вал которой сочленен через редуктор с электрическим генератором такой же самой мощности. Технические параметры турбоагре-

гата представлены в таблице 1. Эксплуатационные условия работы данного турбоагрегата отличаются от номинальных, поэтому экспериментально полученные характеристики отличаются от паспортной.

Оценим значения удельного расхода топлива на выработку электрической энергии для данного турбоагрегата. При отсутствии электрогенерирующего комплекса котельная вырабатывает тепловую энергию Q с расходом топлива B , который определяется исходя из значения количества тепла, отпускаемого потребителю, потерь в котле, потерь в питающем паропроводе и РОУ. На тепловых электростанциях энергосистемы отпуск пара через РОУ применяется в дополнение к отбору из турбины при большом потреблении пара, не обеспечиваемой последней, или при выходе из строя турбины с отбором пара. Отпуск пара через РОУ не экономичен и допустим только в исключительных случаях [2, с. 82].

Таблица 1

Технические параметры турбоагрегата с противоаварийной турбиной

Тип турбоагрегата	Номинальные параметры свежего пара		Номинальные параметры пара за турбиной		Номинальный расход пара, кг/ч	Эффективный к.п.д. турбины, %	К.п.д. редуктора, %	К.п.д. генератора, %
	P_0 , МПа	t_0 , °C	P_2 , МПа	t_2 , °C				
ТГ 1,5А/10,5 Р13/3	1,3	191	0,3	133	34500	65,7	98,6	96,1

Для котельных промышленных предприятий схема пароснабжения от РОУ потребителей технологического процесса получила наибольшее распространение.

Эффективность замены процесса снижения параметров в РОУ заключается в срабатывании адекватного потенциала в противоаварийной турбине, являющейся по существу вращающейся РОУ [1, с. 6].

Необратимые потери в РОУ при дросселировании пара определяются по выражению [3, с. 460].

$$П = D_n \cdot [(h_n - h_n) - T_{o.c.} \cdot (s_n - s_n)], \quad (1)$$

где h_n – энтальпия пара перед дросселированием, кДж/кг; h_n – энтальпия пара при давлении, необходимом потребителю, кДж/кг; s_n – энтропия пара перед дросселированием, кДж/К; s_n – энтропия пара при давлении, необходимом потребителю, кДж/К; D_n – количество дросселируемого пара, кг/ч; $T_{o.c.}$ – температура окружающей среды, принимаемой обычно равной 293 К.

Исходя из номинальных параметров первичного пара ($p_0=1,3$ МПа; $t_0=191^\circ\text{C}$) и параметров вторичного пара ($p_2 = 0,3$ МПа; $t_2 = 133^\circ\text{C}$), расхода пара, $D_n=34500$ кг/ч, потери в РОУ, определенные по выражению (1), будут равны

$$П = 34500 \cdot [(812,04 - 559,211) - 293 \cdot (2,2453 - 1,6662)] = 34500 \cdot 83,154 = 2868813 \text{ кДж/ч} = 796,89 \text{ кВт}$$

Теплопадение в турбине (табл.1) составят [4, с. 8].

$$П_t = D_n \cdot (h_n - h_n), \quad (2)$$

где $h_n - h_n$ – перепад энтальпий пара в турбине, кДж/кг; D_n – расход пара на выхлопе из турбины, кг/ч

Исходя из паспортных данных турбоагрегата (табл. 1), по формуле (2) определим теплопадение в турбине

$$П_t = 34500 \cdot (812,04 - 559,211) = 8722600,5 \text{ кДж/ч} = 2423 \text{ кВт}$$

Часовые потери топлива в котельной в случае дросселирования пара в РОУ составят:

$$\Delta B^{\text{РОУ}} = \frac{П_{\text{РОУ}}}{Q_y \cdot \eta_{\text{кот}} \cdot \eta_{\text{изол}}}, \quad (3)$$

где Q_y – теплота сгорания условного топлива (равная 29300 кДж/кг); $\eta_{\text{кот}}$ – к.п.д. котельной исследуемого предприятия [5, с. 6] равен 0,892; $\eta_{\text{изол}}$ – к.п.д. изоляции паропроводов исследуемого предприятия [5, с. 17] равен 0,9604;

$$\Delta B^{\text{POY}} = \frac{2868813 \cdot 1}{29300 \cdot 0,892 \cdot 0,9604} = 114,291 \text{ кг. у. т.}$$

Часовые потери топлива при работе турбоагрегата составят:

$$\Delta B^{\text{TA}} = \frac{P_{\tau}}{Q_y \cdot \eta_{\text{кот}} \cdot \eta_{\text{изол}}}, \quad (4)$$

$$\Delta B^{\text{TA}} = \frac{8722600,5 \cdot 1}{29300 \cdot 0,892 \cdot 0,9604} = 347,51 \text{ кг. у. т.}$$

Потери топлива при работе турбоагрегата в сравнении с использованием РОУ увеличатся на значение:

$$\delta B = \Delta B^{\text{TA}} - \Delta B^{\text{POY}}, \quad (5)$$

$$\delta B = 347,51 - 114,291 = 233,22 \text{ кг. у. т.}$$

Повышение потерь топлива при работе турбоагрегата над потерями при работе РОУ обеспечивает выработку электроэнергии мощностью 1,5 МВт, тогда удельный расход топлива на производство электроэнергии будет:

$$b_{\text{уд}}^3 = \frac{\delta B}{N_3 \cdot t_{\tau}}, \quad (6)$$

где N_3 – номинальная электрическая мощность турбоагрегата, кВт

$$b_{\text{уд}}^3 = \frac{233,22}{1500 \cdot 1} = 0,1555 \text{ кг.у.т./кВт}\cdot\text{ч.}$$

В случае неучета потерь тепла в РОУ, удельный расход топлива на производство электроэнергии будет равен:

$$b_{уд}^3 = \frac{\Delta B^{TA}}{N_s \cdot t}, \quad (7)$$

$$b_{уд}^3 = \frac{347,51}{1500 \cdot 1} = 0,2317 \text{ кг.у.т./кВт}\cdot\text{ч}$$

Выводы

Расход топлива на производство электроэнергии на паротурбинной установке малой мощности установленной на промышленном предприятии вместо РОУ, ниже соответствующего показателя на электростанциях энергосистемы примерно в 1,38-2,04 раза, что говорит об экономичности и эффективности применения ее в качестве производителя электроэнергии.

Литература

1. Кореннов, Б.Е. Замена РОУ противодавленческой турбины – эффективное энергосберегающее мероприятие для котельных и ТЭС // Промышленная энергетика. – 1997. – № 12. – С. 6-8.
2. Елизаров, Д. П. Теплоэнергетические установки электростанций / Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – 264 с.
3. Теплотехнический справочник /Под ред. В.Н. Юренева и П. Д. Лебедева. Т.1. - М.: Энергия, 1975. – 744 с.
4. Лебедев, В.М., Усманов Ю.А. Техничко-экономическая эффективность ТЭЦ малой мощности/ Промышленная энергетика. – 2000. –№1 – С. 6–8.
5. Разработать методику определения удельных норм расхода тепловой энергии на производство электроэнергии на паротурбинной установке ОАО “Мозырьсоль”: Отчет о НИР / Бел. нац. техн. ун-т; Научный руководитель темы Короткевич М.А. – ХД 1615/04. – Минск, 2004. – 20 с.

Нахождение подобных решений уравнений движения проводов при коротком замыкании

Сергей И.И., Пономаренко Е.Г.

Белорусский национальный технический университет

Движения проводов при коротком замыкании описывается уравнениями гибкой упругой нити. Это нелинейные гиперболические дифференциальные уравнения в частных производных. Для решения таких уравнений чаще всего используются численные методы [1], которые позволяют найти только частные решения, соответствующие конкретным граничным условиям. Поэтому обобщение частных решений уравнений движения провода является актуальной задачей.

В докладе предлагается способ приближенного обобщения частных численных решений уравнений движения проводов, основанный на их решении в безразмерной форме. В процессе преобразования уравнений к безразмерному виду выявляются сочетания и комбинации параметров провода, одинаковые для подобных решений задачи. В теории подобия их называют критериями подобия. Для подобия решений уравнений движения проводов при КЗ должны быть соответственно одинаковы определяющие критерии подобия и подобны условия однозначности, т.е. начальные и краевые условия [2]. Подобие механических систем включает в себя геометрическое, кинематическое и динамическое подобия, требующие параллельности и пропорциональности скоростей и сил в любых сходственных точках системы [2].

Уравнение движения провода при коротком замыкании имеет следующий вид

$$T(t) \cdot \frac{\partial^2 \bar{R}}{\partial x^2} + \bar{p} + \bar{f}(t) = \rho \frac{\partial^2 \bar{R}}{\partial t^2}. \quad (1)$$

При приведении уравнений к безразмерному виду за базисные величины принимаем длину пролета (l), максимальную стрелу провеса (f_0), начальное тяжение провода до КЗ (T_0) и угловую частоту собственных колебаний провода (ω_c). Пара-

метры, входящие в (1) выражаются в безразмерной форме относительно базисных величин [2]

$$x_* = \frac{x}{l}; \quad y_* = \frac{y}{f_0}; \quad z_* = \frac{z}{f_0}; \quad t_* = \omega_c t; \quad T_* = \frac{T(t)}{T_0}.$$

После преобразований уравнение (1) приводится к следующему виду

$$T_* \frac{\partial^2 \bar{R}_*}{\partial x_*^2} + \frac{\bar{p}}{\pi'_\Gamma} + \frac{\bar{f}(t)}{\pi'_\Gamma} = \frac{\partial^2 \bar{R}_*}{\partial t_*^2}, \quad (2)$$

где $\pi'_\Gamma = \frac{T_0 f_0}{l^2}$ — комплекс начальных параметров провода.

Из динамического уравнения (2) при $t = 0$ получаем уравнение начального провисания провода

$$\frac{\partial^2 z_*}{\partial x_*^2} + \frac{pl^2}{T_0 f_0} = 0. \quad (3)$$

Второе слагаемое уравнения (3) представляет собой неизменную комбинацию параметров провода, которая является геометрическим критерием подобия [2]

$$\pi_\Gamma = \frac{pl^2}{T_0 f_0}. \quad (4)$$

Векторные уравнения (2) записываются в проекциях на оси координат

$$\begin{aligned} T_* \frac{\partial^2 y_*}{\partial x_*^2} + \frac{f(t)}{\pi'_\Gamma} &= \frac{\partial^2 y_*}{\partial t_*^2}; \\ T_* \frac{\partial^2 z_*}{\partial x_*^2} + \pi_\Gamma &= \frac{\partial^2 z_*}{\partial t_*^2}. \end{aligned} \quad (5)$$

Динамическое подобие механических систем обеспечивается при параллельности и пропорциональности сил в сходственных точках. Значит для получения одинаковых решений уравнений (5) необходимо иметь одинаковые критерии динамического подобия

$$\pi_\Delta = \frac{f(t)l^2}{T_0 f_0}. \quad (6)$$

Использование критерия динамического подобия записанного в виде (6) не представляется возможным, так как действи-

тельные осциллограммы электродинамических усилий $f(t)$ при приближенных расчетах не известны. Поэтому ЭДУ заменяются эквивалентными значениями f_s на промежутке времени, равном продолжительности КЗ t_k . Эквивалентирование производится с использованием интегрального критерия – импульса ЭДУ $S^{(2)}$.

$$f_s = \frac{S^{(2)}}{t_k l} \quad (7)$$

Тогда выражение для критерия динамического подобия можно записать в следующем виде

$$\pi_d = \frac{f_s l^2}{T_0 f_0} \quad (8)$$

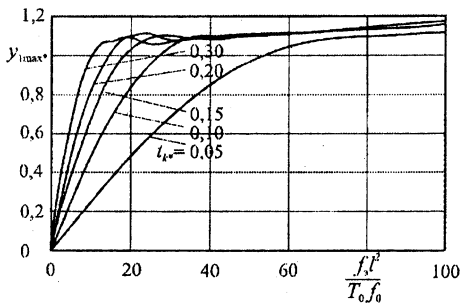


Рис.1. Максимальные горизонтальные относительные отклонения средней точки провода для различных относительных продолжительностей КЗ в функции динамического критерия подобия

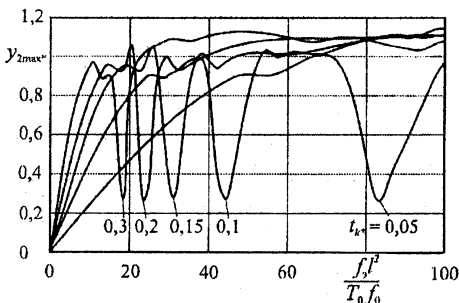


Рис.2. Максимальные горизонтальные относительные отклонения средней точки провода на стадии сближения проводов

По разработанным ранее компьютерным программам был получен большой массив частных численных решений динамики проводов при КЗ. Были рассмотрены случаи с разными геометрическими характеристиками пролетов и параметрами ко-

роткого замыкания. С использованием критериев подобия частные решения удалось обобщить в виде диаграмм. На рис. 1-3 приведены диаграммы максимальных отклонений и тяжений проводов в функции критерия динамического подобия для раз-

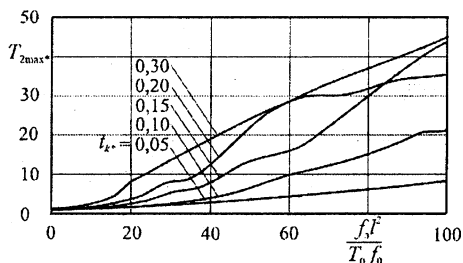


Рис.3. Максимальные тяжения проводов на стадии их отталкивания

личных продолжительностей короткого замыкания в относительных единицах.

В табл. 1 приводится сопоставление результатов расчетов максимальных отклонений по компьютерной программе и по обобщенным кривым (рис. 1) для различных комбинаций и характеристик КЗ и геометрических размеров пролетов, подтверждающее достоверность разработанной методики.

Сопоставление y_{1*max} , определенных по рис.1 и КП Таблица 1

l , м	Провод	$I_{по}$, кА	t_{k*}	y_{1*max} , (рис.1)	y_{1*max} , КП	Δy_{1*max} , %
20	185/24	10,0	0,15	0,900	0,900	0,00
27,5	500/27	20,0	0,1	0,990	0,999	0,90
30	500/27	25,0	0,11	1,109	1,102	0,63
50	600/72	20,0	0,1	0,525	0,524	0,19
60	300/39	25,0	0,2	1,060	1,069	0,84

Литература

- Сергей, И.И., Стрелюк, М.И. Динамика проводов электроустановок энергосистем при коротких замыканиях: Теория и вычислительный эксперимент. – Мн.: ВУЗ-ЮНИТИ, 1999. – 252 с.
- Сергей, И.И., Пономаренко, Е.Г. Обобщение численных решений уравнений движения проводов при коротком замыкании с помощью критериев подобия// Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2006. – № 2. – С. 13–19.

Расчет максимальных тяжений проводов при коротких замыканиях с учетом конструктивных элементов

Сергей И.И., Пономаренко Е.Г., Андрукевич А.П.

Белорусский национальный технический университет

При коротком замыкании провода принимают форму, обусловленную действием распределенных электродинамических усилий. При этом в проводах могут возникать значительные тяжения. Динамика гибких шин РУ при коротком замыкании (КЗ) описывается с использованием расчетной модели в виде гибкой нити с распределенной по длине массой. Для определения параметров электродинамической стойкости необходимо решить дифференциальные уравнения в частных производных. Они решаются численными методами с помощью компьютерных программ. В итоге компьютерного расчета получается одно частное решение, которое требует больших затрат времени. А для проектной практики более удобно применение упрощенных методов расчета с использованием диаграмм и таблиц. Такие подходы рекомендуются и в межгосударственных стандартах. По упрощенной методике рассчитываются такие критерии электродинамической стойкости гибкой ошиновки, как максимальные отклонения и тяжения, которые сравниваются с допустимыми значениями.

В докладе приводятся основные положения методики упрощенного расчета максимальных тяжений гибких шин РУ, которая разработана на кафедре «Электрические станции». Методика основана на уравнениях энергетического баланса при и после КЗ для провода, представленного физическим маятником.

В осциллограмме тяжения одиночного провода существуют два характерных максимума. Один из них наступает в момент времени, когда провода при их отталкивании подвергаются максимальному растяжению действием ЭДУ ($T_{2\max}$). Другой максимум тяжения возникает, когда запасенная в процессе подъема провода при движении его по траектории, потенциальная энергия преобразуется в энергию упругих деформаций проводов и опор при проходе наинизшей точки траектории движения ($T_{3\max}$).

Для определения максимумов тяжения рассмотрим процесс движения провода при КЗ. Кинетическая энергия E_k преобразуется в энергию упругих деформаций проводов и опор. Величина кинетической энергии

$$E_k = J \cdot \frac{\omega_k^2}{2}. \quad (1)$$

Угловая скорость ω_k выражается через скорость поступательного движения провода в конце КЗ v_k

$$\omega_k = 0,75 \cdot \frac{v_k}{f_0}. \quad (2)$$

v_k в свою очередь выражается через тангенциальную составляющую импульса ЭДУ S_τ

$$v_k = \frac{S_\tau}{\rho \cdot l}, \quad (3)$$

где $S_\tau = S^{(2)} \cdot \cos \alpha_k$.

Наличие в пролете гирлянд изоляторов учитывается при использовании в формуле (3) приведенной массы $\rho = \rho_0 \cdot c$ [1].

Выражение для упругой деформации провода

$$E_y = \frac{1}{2} N \cdot l \cdot (T_{2\max}^2 - T_0^2) \quad (4)$$

где $N \cdot l = \frac{l}{E \cdot A} + \frac{1}{K_{\text{он}}}$ – результирующий коэффициент упругой

деформации системы провод-опора;

$K_{\text{он}}$ – коэффициент жесткости опоры, Н/м.

После преобразований получим формулу для расчета максимального тяжения на стадии отталкивания проводов ЭДУ без учета гибкости порталов

$$T_{2\max} = \sqrt{T_0^2 + 0,3 \cdot \frac{E \cdot A}{\rho} \cdot \left(\frac{S^{(2)} \cdot \cos \alpha_k}{l} \right)^2}; \quad (5)$$

и с учетом гибкости

$$T_{2\max} = \sqrt{T_0^2 + 0,3 \cdot \frac{E \cdot A \cdot K_{\text{оп}}}{(l \cdot K_{\text{оп}} + E \cdot A)} \cdot \frac{(S^{(2)} \cdot \cos \alpha_k)^2}{\rho \cdot l}}. \quad (6)$$

Максимум тяжения $T_{3\max}$ возникает, когда вся накопленная токоведущими конструкциями потенциальная энергия при и после КЗ $E_{p\max}$ преобразуется в энергию упругих деформаций проводов и опор E_y . В зарубежных источниках $T_{3\max}$ называется также максимальным тяжением при падении проводов. Наибольшая потенциальная энергия накапливается при достижении проводом максимального угла отклонения плоскости провода, равном 180° , когда $h + h_k = 2f_0$ [1].

$$E_{p\max} = \frac{2}{3} \cdot \rho \cdot l \cdot g \cdot (2f_0). \quad (7)$$

После преобразований получим выражение для определения максимально возможной величины пика $T_{3\max}$

$$T_{3\max\text{НБ}} = \sqrt{T_0^2 + \frac{8}{3} \cdot E \cdot A \cdot \rho \cdot g \cdot f_0} = \sqrt{T_0^2 + 26,2 \cdot E \cdot A \cdot \rho \cdot f_0}. \quad (8)$$

При меньших токах КЗ величина суммарной высоты подскока провода после КЗ будет меньше $2f_0$. В этом случае

$$T_{3\max} = \sqrt{T_0^2 + 13,1 \cdot E \cdot A \cdot \rho \cdot (h + h_k)}. \quad (9)$$

С учетом гибкости порталов уравнение (9) преобразуется

$$T_{3\max} = \sqrt{T_0^2 + 13,1 \cdot \rho \cdot l \cdot \frac{E \cdot A \cdot K_{\text{оп}}}{(l \cdot K_{\text{оп}} + E \cdot A)} (h + h_k)}. \quad (10)$$

В докладе описана методика и приведены выражения для упрощенного расчета характерных пиков тяжений, возникающих в проводах при КЗ. Методика учитывает основные конструктивные элементы пролета.

Литература

1. Сергей, И.И., Пономаренко, Е.Г., Саммур, Ваиль Махмуд. Упрощенный метод расчета сближения проводов с учетом конструктивных элементов распределительных устройств при двухфазном коротком замыкании // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2004. – № 2. – С. 5 – 11.

Структурный подход к моделированию комплексного энергообъекта

Томкевич А.П.
СООО "Тимиор"

В настоящее время переходные процессы в силовых трансформаторах исследуются методами математического моделирования и вычислительного эксперимента. Для этого используется модель обобщенного энергообъекта [1], состоящая из нескольких логически разделенных элементов.

Каждый элемент моделируется с требуемой степенью детализации, обусловленной влиянием переходных процессов в нем на протекание переходного процесса в исследуемом объекте (например, трансформаторе). Необходимая степень детализации может быть определена исходя из физических предпосылок или путем многократных вычислительных экспериментов.

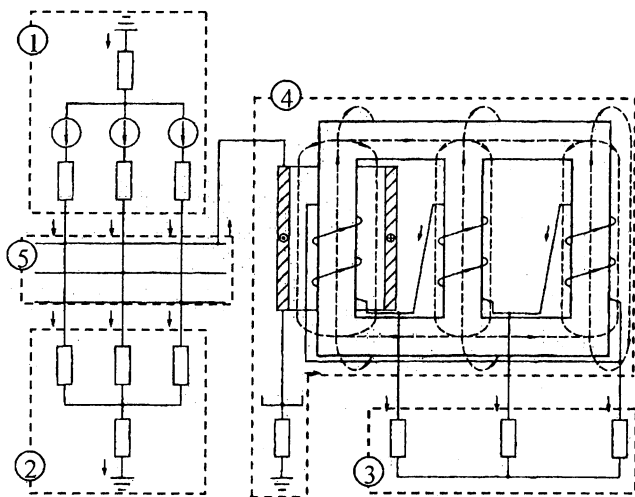


Рис. 1. Структурная модель энергообъекта:

1 – модель питающей системы и линии электропередачи; 2 – модель нагрузки на шинах ВН трансформатора; 3 – модель нагрузки на шинах НН трансформатора; 4 – модель трансформатора; 5 – модель шин ВН

Достаточность корректировки модели второстепенного элемента (и вообще вопрос о ее включении в обобщенный энергообъект для решения конкретной задачи) оценивается степенью влияния переходных процессов в этом элементе на переходные процессы в исследуемом элементе. Для задачи построения алгоритма функционирования релейной защиты трансформатора принято [2] учитывать второстепенные элементы (нагрузки, линии и т.п.) уточняющие результаты расчетов переходных процессов в трансформаторе не менее, чем на (3 – 5) %. Достаточной степенью детализации можно считать уточнение модели, улучшающее результат расчета в тех же пределах.

Необходимость упрощения моделей второстепенных элементов энергообъекта обусловлена следующими соображениями: 1) чем проще модель, тем меньше время требуется для ее решения; 2) для сложных, детализированных моделей затруднительно получить их входные данные.

Так, при моделировании режима однофазного включения силового трансформатора со стороны высокого напряжения (ВН) [2], составляется математическое описание схемы (рис. 1), в котором элемент 1 представляется последовательно включенными трехфазной системой э.д.с., эквивалентными линейными активным и реактивным сопротивлениями системы и линии электропередачи; элементы 2 и 3 – эквивалентные активные и реактивные сопротивления нагрузок со стороны ВН и низкого напряжения (НН) соответственно; 4 – развернутая модель трансформатора, построенная на основании II теории рассеяния [3]; элемент 5 – шины – в традиционных моделях опускается.

При исследовании характеристик дистанционных защит также используется детализированная модель силового трансформатора. Модель обобщенного энергообъекта имеет более сложный вид, так как модели одних и тех же элементов (линий, нагрузок) используются несколько раз. Это приводит к пропорциональному увеличению числа слагаемых в уравнениях и общего количества уравнений описывающих обобщенный энергообъект.

Степень детализации элементов энергообъекта в обеих задачах одинакова. Однако для каждой из них создается индивидуальная модель энергообъекта (программа расчета). Отметим, что даже при незначительном изменении схемы иногда прихо-

дится коренным образом перерабатывать ее математическую модель.

Можно предложить альтернативный способ математического описания обобщенного энергообъекта – структурное построение модели, заключающееся в двухэтапном моделировании. На первом этапе создаются модели всех используемых элементов с требуемой степенью детализации, на втором – моделируется структура обобщенного энергообъекта. Для этого необходимо учитывать дополнительные элементы: выключатели и шины. Отметим что, введение в модель этих элементов позволяет уточнить результаты решения математической модели в целом, например в неполнофазных режимах (традиционно такие режимы создаются введением в разрываемую цепь последовательного сопротивления значительной величины).

Также к преимуществам структурного моделирования можно отнести следующие факты:

- математическое описание энергообъекта становится более гибким – при изменении схемы (исключение, введение новых элементов) отпадает необходимость в создании новой программы: достаточным оказывается корректировка исходных данных части модели, описывающей топологию схемы;
- при использовании нескольких элементов, имеющих одну и ту же математическую модель количество слагаемых в уравнениях не изменяется, однако уравнения, в отличие от традиционных способов построения моделей составляют динамически во время выполнения программы;
- использование универсальных моделей элементов может уменьшить время решения задачи за счет использования многопоточного программирования.

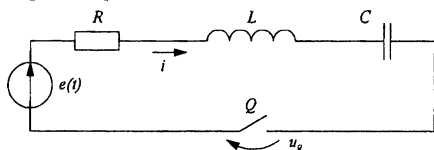


Рис. 2

Для задачи построения алгоритма функционирования релейной защиты трансформатора модель выключателя является второстепенным объектом. В ней не требуется учитывать динамику движения контактных полюсов, процессы возникновения и га-

шения дуги и т. п., необходимые при исследовании процессов в выключателе. Достаточной степенью детализации модели выключателя можно считать его представление с помощью единичной функции:

$$l(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 1, & t > 0 \end{cases}, \quad l(-t) = \begin{cases} 1, & t < 0 \\ 0, & t > 0 \end{cases}. \quad (1)$$

Составим математическое описание последовательной цепи (рис. 2), не изменяющееся по форме при коммутации ключа. Уравнение по второму закону Кирхгофа можно составить так:

$$R(i(t) \cdot l(t)) + L(i(t) \cdot l(t))' + \frac{1}{C} \int (i(t) \cdot l(t)) dt + e(t) \cdot l(-t) = e(t). \quad (2)$$

Решение (2) в окрестности точки $t = 0$ затруднительно, вследствие разрывности функции $l(t)$. При отсутствии запаса энергии в катушке и емкости (2) может быть упрощено:

$$Ri(t) + Li'(t) + \frac{1}{C} \int i(t) dt + e(t) \cdot l(-t) = e(t).$$

Преобразовав, получим дифференциальное уравнение второго порядка:

$$Li''(t) + Ri'(t) + \frac{1}{C} i(t) = e'(t) \cdot l(t) + e(t) \cdot \delta(t),$$

где $\delta(t) = l'(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ \frac{1}{\tau}, & t \in [0, \tau], \quad \tau \rightarrow 0 \\ 0, & t > \tau \end{cases}$

Путем аналогичных рассуждений может быть получено описание трехфазного выключателя. Модель шин также не предъявляет специфичных требований к точности и может быть представлена уравнением, составленным по первому закону Кирхгофа.

Литература

1. Романюк, Ф.А., Новаш, В.И. Информационное обеспечение вычислительного эксперимента в релейной защите и автоматике энергосистем. - Мн.: ВУЗ-ЮНИТИ, 1998. -174 с.
2. Новаш, В.И., Томкевич, А.П. Броски тока намагничивания трехфазных силовых трансформаторов при неполнофазном включении //Энергетика Изв. ВУЗов. 2005. №4 С. 5 – 12.
3. Новаш, И.В. Математическая модель трехфазного трех-стержневого трансформатора на базе второй теории рассеяния // Энергетика Изв. ВУЗов. 1986. №5 С. 36 – 39.

Исследование параллельной работы трансформаторов тяговых преобразовательных подстанций

Новаш И.В.

Белорусский национальный технический университет

Условия параллельной работы трансформаторов определены в литературе по теории трансформаторов [1] и не подвергаются сомнениям. Использование методов математического моделирования для исследования режимов параллельной работы трехфазных трансформаторов совместно с выпрямительными установками на преобразовательных подстанциях электрического транспорта требует разработки достаточно сложных математических моделей всей подстанции в целом [2]. Решить эту задачу на ЭВМ достаточно просто позволяет пакет динамического моделирования MatLab-Simulink-4.0 [3].

Пакет MatLab [4] представляет собой мощную программную среду, предназначенную для выполнения математических вычислений и визуализации результатов вычислительного эксперимента. В состав пакета MatLab входит система динамического моделирования Simulink, предназначенная для проведения исследований на ЭВМ методом вычислительного эксперимента. Многочисленные библиотечные приложения Simulink позволяют эффективно применять его для исследования достаточно сложных электроэнергетических объектов, в том числе и трехфазного исполнения.

На рисунке 1 представлена структурная схема модели преобразовательной подстанции с двумя блоками «трансформатор-выпрямитель». В состав модели входят питающая трехфазная система, два трехфазных трансформатора, работающих в блоке с мостовыми трехфазными выпрямителями на общую нагрузку. Нагрузка может быть выбрана с учетом конкретных условий работы преобразовательной подстанции. Можно в качестве нагрузки использовать модель электродвигателя постоянного тока из библиотеки стандартных моделей. Данная модель тяговой подстанции (рисунок 1) позволяет исследовать режимы параллельной работы блоков «трансформатор-выпрямитель».

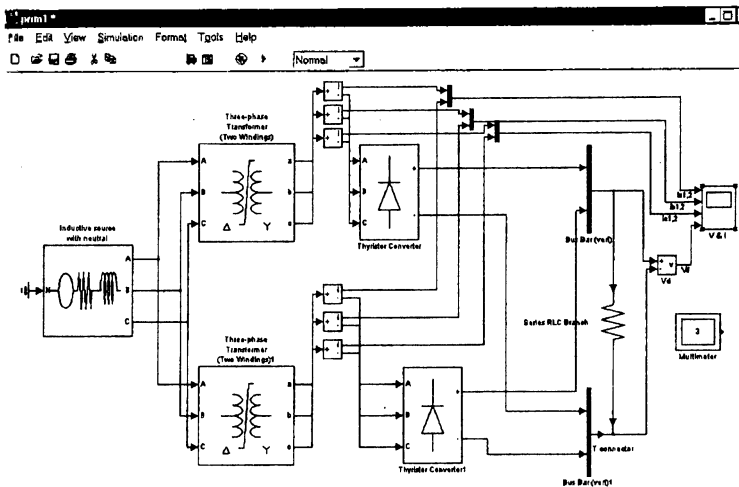


Рис. 1

На рисунке 2 представлены результаты расчетов режима параллельной работы трансформаторов при неодинаковых величинах активных сопротивлений обмоток. Графики мгновенных линейных токов вторичной стороны трансформаторов не совпадают, что отражает неравномерную загрузку трансформаторов. Неравномерность загрузки трансформаторов отражается и при других нарушениях условий параллельной работы трансформаторов, например неодинаковости вентилей выпрямительных блоков и др.

Система динамического моделирования Simulink позволяет проводить исследования параллельной работы трансформаторов, работающих в блоке с управляемыми выпрямителями. В этом случае возможно исследование режимов работы подстанции, когда с помощью систем управления тиристорными преобразователями можно добиться равномерной загрузки питающих трансформаторов при нарушениях условий параллельной работы трансформаторов.

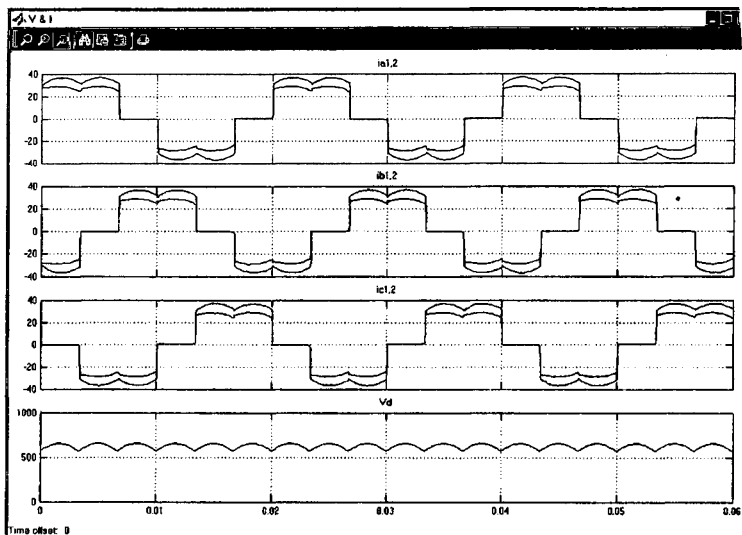


Рис. 2

Литература

1. Электротехнический справочник: В 3-х т. Т.2. Электротехнические изделия и устройства/под общ. ред. профессоров МЭИ (гл. ред. И.Н. Орлов) и др. - 7-е изд., испр. и доп. -М.: Энергоатомиздат, 1986. -712с.: ил.
2. Новаш,И.В. Математические модели для исследования коммутационных режимов силовых трансформаторов. Вестник БНТУ, 2002, №6, с. 73-78
3. Дьяконов,В. Simulink 4. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002, - 528 с.: ил.
4. Ануфриев,И.Е. Самоучитель MatLab 5.3/6.x. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003, - 736 с.: ил.

Использование Electronics Workbench в курсе электроники

Бладыко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Разработка любого электронного устройства сопровождается физическим или математическим моделированием, которые позволяют более глубоко раскрывать сущность изучаемых или исследуемых процессов и явлений. Физическое моделирование связано с большими материальными затратами, поскольку требуется изготовление макетов и их трудоемкое исследование. Часто физическое моделирование просто невозможно из-за чрезвычайной сложности устройства, например, при разработке больших и сверхбольших интегральных микросхем. В этом случае прибегают к математическому моделированию с использованием средств и методов вычислительной техники. С развитием компьютерных технологий появились программные средства, обеспечивающие схемотехническое моделирование аналоговых и цифровых электронных устройств различного назначения. Наиболее широко известны следующие компьютерные программы: Micro-Cap, DesignLab, P-Cad и Electronics Workbench (EWB) [1].

Electronics Workbench (EWB) — разработка фирмы Interactive Image Technologies. Особенностью программы является наличие контрольно-измерительных приборов, по внешнему виду и характеристикам приближенных к их промышленным аналогам. Программа легко осваивается и достаточно удобна в работе. После составления схемы и ее упрощения путем оформления подсхем моделирование начинается щелчком обычного выключателя.

Electronics Workbench отличается самым простым и легко осваиваемым пользовательским интерфейсом. Она наиболее часто используется в учебных заведениях. Опыт использования программы в БНТУ подтвердил правильность такого выбора. Необходимо также отметить, что как учебная программа EWB обладает весьма важным достоинством, которое заключается в развитии творческого начала учащегося: он может не только выполнять задания преподавателя, но и имеет возможность

предложить и апробировать свои технические решения, а это уже творчество, которое превращает учебный процесс в увлекательное занятие. Учитывая легкость освоения программы, следует отметить, что эта программа будет полезна не только студентам и учащимся, но и разработчикам разнообразной аппаратуры — специалистам по схемотехнике.

Последняя версия EWB Multisim 8.0 – одна из наиболее популярных в мире программ конструирования электронных схем. Согласно данным фирмы в настоящее время насчитывается более 100 тысяч зарегистрированных пользователей программы. Для изучения электроники достаточно использовать демонстрационную версию программы, которую можно найти в сети Internet. В учебных целях на кафедре «Электротехника и электроника» БНТУ применяются EWB 5.12 (студенческая версия) и EWB 5.12pro (профессиональная версия).

Особенностью программы EWB является то, что она позволяет осуществлять моделирование и исследование элементов, устройств, схем, процессов и явлений, которые предусмотрены практическими и лабораторными занятиями по электротехнике и электронике.

Программа EWB представляет собой универсальный имитатор, позволяющий максимально приблизить действия обучаемого, которые он выполняет при работе с программой, к реальным действиям в учебной лаборатории. Для выполнения конкретной лабораторной работы программа предоставляет обучаемому следующие возможности: рабочий стол; библиотеку компонентов, в которой хранится элементная база аналоговых и цифровых устройств; контрольно-измерительные приборы (КИП); набор команд, обеспечивающих выполнение необходимых расчетов и выдачу на экран дисплея результатов моделирования в виде таблиц и графиков.

Управление программой осуществляется с помощью графического интерфейса, выполненного в виде кнопок, обеспечивающих инициирование необходимых команд. Нажатие кнопок осуществляется с помощью мыши, которая позволяет выполнять следующие основные операции:

- а) запускать нужные команды;
- б) извлекать из библиотеки нужные компоненты и приборы и располагать их на рабочем столе;

- в) поворачивать для удобства соединения компоненты, расположенные на рабочем столе;
- г) соединять компоненты и приборы между собой;
- д) редактировать позиционные обозначения компонентов на схеме и устанавливать требуемые величины их параметров.

Программа EWB 5.12 имитирует реальное рабочее место исследователя – радиоэлектронную лабораторию, оборудованную измерительными приборами, работающими в реальном масштабе времени. С помощью программы можно создавать, моделировать и исследовать как простые, так и сложные аналоговые и цифровые радиоэлектронные устройства. Для работы программы требуется операционная система Windows 95/98/Me/NT/2000/XP.

Для построения и исследования цепи используется мышь компьютера. Клавиатура используется для набора текста, ввода чисел и для быстрого вызова команд. Программа EWB является сложным продуктом, с большим числом устанавливаемых параметров и режимов работы. После обычной инсталляции большинство параметров и опций программы EWB установлены по умолчанию так, что обеспечивается возможность исследования большинства типовых электронных устройств.

Работа с программой EWB включает три основных этапа: создание схемы, выбор и подключение измерительных приборов и, наконец, активация схемы – расчет процессов, протекающих в исследуемом устройстве.

Имеющиеся контрольно-измерительные приборы – мультиметр, осциллограф, функциональный генератор и измеритель АЧХ и ФЧХ, генератор логических сигналов, анализатор логических сигналов и логический преобразователь. Мультиметр предназначен для измерения среднеквадратичных значений напряжения или тока, а так же для измерения сопротивлений. Осциллограф позволяет наблюдать форму двух сигналов, поступающих на два входа осциллографа: каналы А и В. Функциональный генератор предназначен для генерации синусоидального, треугольного или прямоугольного сигналов. Измеритель АЧХ и ФЧХ служит для получения амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик четырехполюсников. Генератор логических сигналов – для создания на выходных зажимах последовательности 16-разрядных двоичных слов с заданной час-

тотой следования. Анализатор логических сигналов предназначен для индикации двоичных кодов. Логический преобразователь помогает получать таблицу состояний комбинационной схемы, преобразовать таблицу истинности в логическую функцию и наоборот, а также преобразовать логическую функцию в схему устройства на логических элементах.

Дополнительно автором разработан измеритель коэффициентов усиления по напряжению, току и мощности, позволяющий интенсифицировать исследование усилительных каскадов.

В зависимости от типа подключенного прибора программа EWB автоматически настраивается на выполнение следующих основных видов анализа:

— DC Operating Point — расчет режима по постоянному току, при включении мультиметра, амперметров и вольтметров для измерения постоянных токов и напряжений;

— AC Frequency — расчет частотных характеристик, при включении измерителя АЧХ и ФЧХ, а также мультиметра, амперметров и вольтметров для измерения гармонических токов и напряжений;

— Transient — расчет переходных процессов, при использовании осциллографа.

Дополнительно можно провести следующие виды анализа: спектральный анализ, анализ спектра внутренних шумов, расчет нелинейных искажений, анализ влияния вариаций параметра какого либо элемента схемы, анализ влияния изменения температуры на характеристики устройства и др.

Автором разработаны темы 22 практических занятий по электронике, предусматривающие решение задач как у доски, так и в EWB, выполнение индивидуальных заданий с оценкой работы каждого студента на каждом занятии. Расчетно-графические работы, НИРС, зачеты и экзамены также могут проводиться в EWB.

Литература

1. Карлашук, В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Лабораторный практикум на базе Electronics Workbench и MATLAB. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 800 с.

Размагничивающее устройство ферромагнитных изделий с корректором искажений формы выходного сигнала

Михальцевич Г. А.

Белорусский национальный технический университет

Размагничивающие устройства широко применяются как на производстве, так и быту. Описываемое устройство позволяет улучшить качество размагничивания ферромагнитных изделий, и предназначено, в первую очередь, для применения в приборах неразрушающего контроля (ПНК), работа которых основана на намагничивании и частичном размагничивании изделия. По остаточному значению намагниченности, измеряемой магниточувствительными элементами, например, феррозондами или датчиками Холла, подключенных к ПНК, можно, для многих типов стали, определить некоторые механические характеристики, например, твердость изделия.

На рис. 1 представлена функциональная схема устройства.

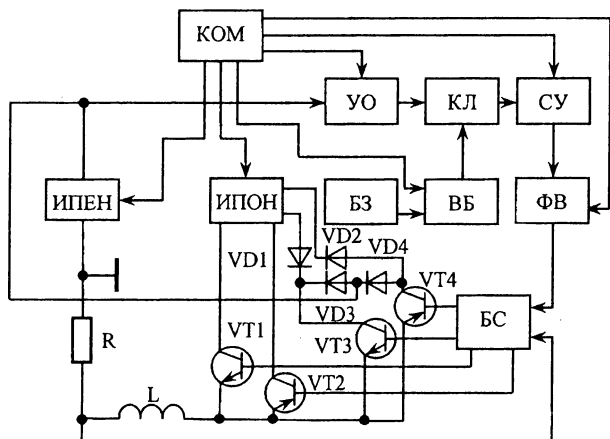


Рис. 1. Функциональная схема установки.

Устройство работает следующим образом.

Перед включением размагничивающего устройства с помощью коммутатора КОМ (КОМ) устанавливаются заранее из-

вестные для конкретного типа размагничиваемых изделий значения максимальной амплитуды источника переменного напряжения (ИПЕН) и усилителя ограничителя (УО), уровни выходных напряжений источника постоянного напряжения (ИПОН), время работы и при необходимости возможность внешнего запуска времязадающего блока (ВБ), резонансная частота, полоса пропускания и добротность селективного усилителя (СУ) и сдвиг фазы сигнала фазовращателя (ФВ).

С ИПЕН переменное напряжение поступает на вход УО. Он представляет собой усилитель с большим коэффициентом усиления, выполненный на операционном усилителе. С его помощью формируется напряжение прямоугольной формы со стабильной амплитудой, а частотой, соответствующей частоте ИПЕН. Сигналом, поступающим на управляющий вход УО с КОМ, изменяется амплитуда его выходного напряжения. С выхода УО переменное напряжение прямоугольной формы поступает на второй вход ключа КЛ, выполненного на транзисторе. Управляющий вход ключа КЛ подключен к выходу ВБ. ВБ состоит из двух последовательно включенных одновибраторов на логических элементах, охваченных связями, предотвращающими одновременное их срабатывание. Изменять время работы одновибратора можно при помощи коммутации времязадающих цепочек, входящих в них, при помощи транзисторных ключей, входы которых являются управляющим входом ВБ, подключенного к КОМ. Запуск ВБ осуществляется подачей логического «0», на его вход. Эту функцию выполняет блок запуска (БЗ), подключенный своим выходом к входу ВБ.

При срабатывании первого одновибратора ВБ с его выхода поступает электрический сигнал на управляющий вход ключа КЛ, и он включается. При этом напряжение прямоугольной формы с частотой ИПЕН поступает на вход СУ, имеющего резонансную частоту, равную частоте ИПЕН. На выходе СУ появляется напряжение синусоидальной формы с частотой, равной частоте ИПЕН. Это напряжение появляется не сразу после срабатывания ключа КЛ, а постепенно. Скорость нарастания напряжения на выходе селективного усилителя зависит от резонансной частоты его настройки, полосы пропускания и добротности. Изменяя параметры полосы пропускания и добротности настройки СУ можно регулировать скорость нарастания напряжения

синусоидальной формы на его выходе. Вся эта выше перечисленная настройка осуществляется по управляющему входу СУ с помощью электронных ключей, переключающих входящие в СУ элементы RC – цепочек.

С выхода СУ синусоидальный сигнал поступает на ФВ, который выполнен на операционном усилителе, охваченном обратными связями, позволяющими изменять фазу сигнала на его выходе. По управляющему входу ФВ с помощью электронных ключей, входящих в него, можно изменять параметры RC – цепи и, следовательно, фазу сигнала на выходе ФВ.

С выхода ФВ синусоидальный сигнал поступает на первый вход БС, выполненного на операционном усилителе. Вторым входом блока сравнения подключен к катушке L и резистору R. С помощью БС электрический сигнал на резисторе R сравнивается с заданным напряжением на его первом входе. Усиленный сигнал ошибки в противофазе поступает с первого и второго выходов БС на базы транзисторов VT3 и VT4. Коллекторы транзисторов VT3 и VD4 через диоды VD1 и VD2 подключены к ИПЕН. Транзистор VT3 производит регулировку положительной полуволны тока, а транзистор VT4 – отрицательной.

Для того чтобы уменьшить искажения тока в обмотке электромагнита L типа «ступенька» при прохождении мгновенного значения напряжения ИПЕН через значение, близкое к нулевому, в устройстве имеются диоды VD1 и VD2, подключенные соответственно к первому и второму выходу ИПОН. Напряжение на первом и втором выходах ИПОН задается таким, чтобы искажения типа «ступенька», вызванные падением напряжения на диодах VD3 и VD4 и транзисторах VT3 и VT4 были устранены.

Для того чтобы устранить влияние случайных бросков напряжения в ИПЕН (доходящих до 100%), в предлагаемое устройство введены транзисторы VT1 и VT2, подключенные своими базовыми выводами соответственно к третьему и четвертому выходам БС. Третий и четвертый выход БС отличаются от первого и второго выходов тем, что управляющие напряжения на них появляются лишь тогда, когда транзисторы VT3 и VT4 уже полностью открыты, а форма тока в обмотке электромагнита L осталась искаженной, т. е. не соответствующей заданной на первом входе БС. Коллекторы транзисторов VT1 и

VT2 подключены соответственно к третьему и четвертому выходам ИПОН, а эмиттеры включены вместе и подключены, как и эмиттеры транзисторов VT3 и VT4, к электромагниту 1. Выходное напряжение на третьем и четвертом выходах ИПОН выбирается таким, чтобы устранить влияние бросков напряжения в ИПЕН и влияние индуктивности электромагнита на заданную форму тока в обмотке электромагнита 1.

Таким образом, если в ИПЕН помехи небольшие (не превышают нескольких процентов), транзисторы VT1 и VT2 не включаются. При сильных помехах, вплоть до исчезновения на некоторое время напряжения в ИПЕН, на базы транзисторов VT1 и VT2 поступает управляющее напряжение, и возможные искажения тока в обмотке электромагнита в предлагаемом устройстве устраняются, так как ток в эти моменты на электромагнит поступает требуемое напряжение от ИПОН.

После окончания работы первого одновибратора ВБ включается второй его одновибратор. При этом ключ КЛ закрывается. Напряжение синусоидальной формы на выходе СУ начинает уменьшаться не сразу после выключения ключа КЛ, а постепенно. Это связано с постепенным спаданием амплитуды колебаний в селективном усилителе после прекращения подачи на его вход прямоугольного сигнала (наподобие того, как это происходит в колебательном контуре).

Второй одновибратор ВБ служит для задержки повторного включения ВБ после окончания работы первого одновибратора ВБ и ключа КЛ. После окончания работы второго одновибратора ВБ устройство готово к следующему циклу работы.

Таким образом, предлагаемое устройство позволяет размагничивать изделия плавно нарастающим и затем спадающим током (напряжением) синусоидальной формы, амплитуда и форма которого не зависят от значительных бросков напряжения в источнике переменного напряжения, и таким образом повысить гарантию качественного размагничивания изделия. Благодаря такой работе предлагаемого устройства улучшается качество размагничивания изделий.

Кроме того, устройство позволяет производить его быструю перестройку под конкретное размагничиваемое изделие, что делает работу устройства более экономичной, расширяет его функциональные возможности.

Теплоэнергетика

УДК 662.69

Растворимость в воде, нагретой в контактном экономайзере, продуктов сгорания природного газа

Жихар Г.И., Закревский В.А., Жихар И.Г.

Белорусский национальный технический университет

На котле ГМ-50-14/250 Жодинской ТЭЦ дополнительно установлен контактный экономайзер, предназначенный для подогрева воды, используемой на ХВО теплосети и для других нужд. Экономайзер обеспечивает снижение расхода топлива за счет снижения потерь теплоты с уходящими газами и использования скрытой теплоты водяных паров, содержащихся в уходящих газах.

Во время испытаний котла с контактным экономайзером производилось исследование качества воды, подогретой в контактном газовом экономайзере.

В контактном газовом экономайзере вода непосредственно соприкасается с продуктами сгорания природного газа.

При контакте с водой возможно растворение в ней какой-то части газов, входящих в состав продуктов сгорания.

Для проверки приведенных выше соображений проводились исследования качества воды и ее изменений, вызванных контактом с продуктами сгорания природного газа. Следует подчеркнуть, что во время этих исследований какие-либо работы по наладке режима горения газа, с целью предотвращения образования продуктов неполного сгорания, не проводились, все горелочные устройства работали в обычном режиме.

Количество свободной углекислоты в воде определялось путем титрования едким натрием, содержание кислорода – методом Винклера, концентрация водородных ионов определялась электронным рН-метром, автоматически приводящим показания к стандартной температуре 25°C.

Эти исследования показали, что химический состав воды практически не меняется, качество ее, с точки зрения санитарно-гигиенических требований практически не ухудшается. Установлено, что практически неизменными остаются такие показатели как цветность, прозрачность, наличие взвешенных веществ.

Изменение ионного состава химически очищенной воды мало и отклонение содержания отдельных ионов в исходной и нагретой воде можно отнести за счет погрешности анализов. Жесткость и щелочность воды изменяется незначительно. Заметно увеличивается CO_2 в нагретой воде и, как следствие, понижение рН. Если эту воду довести до кипения, то вследствие падения растворимости газа, практически полностью удаляется CO_2 , а рН нагретой воды становится примерно равным рН исходной. Таким образом, при дальнейшем нагреве воды после контактного экономайзера в термических деаэраторах возможно полное удаление CO_2 из воды. Контактный экономайзер имеет встроенный декарбонизатор. При полностью открытом воздушном шибере концентрация в воде CO_2 снижается, повышается рН воды (т.е. снижается коррозионная активность воды), однако при этом несколько повышается концентрация O_2 . В целом в контактном экономайзере все же наблюдается заметная деаэрация воды.

Результаты химических анализов воды свидетельствуют о том, что качество воды, в процессе ее контактного нагрева в контактных газовых экономайзерах, не ухудшается. Химический и бактериологический состав воды практически не меняется.

В воде, нагретой в контактном экономайзере при наличии в ней бикарбонатов в количестве белее 2 мг-экв/л и возможном увеличении концентрации CO_2 не приводит к заметному усилению коррозии металла. Поэтому можно считать, что коррозионная активность воды, нагретой в контактных газовых экономайзерах не больше, чем воды, нагретой в бойлерах.

Нагретая в контактных экономайзерах горячая вода по химическим свойствам соответствует требованиям, предъявляемым к ней на промышленных предприятиях и может применяться для систем производственного горячего водоснабжения, а также для подпиточной воды тепловых сетей и в качестве питательной воды для котлов.

Так как Госсанинспекция еще в 1971г. приняла решение об ограничении непосредственного применения нагретой контактным путем воды в газовых контактных установках в банно-прачечных предприятиях и в бытовом горячем водоснабжении, то прямое использование воды, нагретой в контактных эконо-

майзерах, для бытового горячего водоснабжения должно в каждом случае согласовываться с органами местной и республиканской санинспекции.

Для решения этого вопроса можно рекомендовать схему включения контактного экономайзера с промежуточным теплообменником. Это гарантирует получение горячей воды питьевого качества с помощью контактных экономайзеров, но несколько снизит их экономические показатели.

Находящийся в продуктах сгорания в небольших количествах диоксид азота вступает в реакцию с водой с образованием стехиометрической смеси азотной и азотистой кислот. Предел растворимости HNO_3 в воде – 0,183 г/л, а предельно возможное содержание в случае, если прореагирует вся масса NO_2 – 0,11 г/л.

Диоксид азота, имеющий в 7,06 раза большую токсичность, чем монооксид ($\text{ПДК}_{\text{NO}_2}=0,6 \text{ мг/м}^3$; $\text{ПДК}_{\text{NO}}=0,085 \text{ мг/м}^3$), полностью растворим в воде. Растворимость монооксида азота составляет 7,38 мл/100г при 0°C и уменьшается с повышением температуры [2]. При 20 и 100°C она составляет 4,71 и 2,6 мл на 100г.

Эффективность контактного экономайзера в качестве очистного аппарата от оксидов азота будет тем выше, чем большая доля диоксида азота будет в сумме оксидов азота, содержащихся в продуктах сгорания.

В свою очередь доля диоксида азота в сумме оксидов азота зависит от характеристики интенсивности охлаждения дымовых газов Hл/V (Hл – площадь лучевоспринимающей поверхности, V – объем топки), коэффициента избытка воздуха α и теплонапряжения топочного объема и может быть выражена следующей зависимостью: $[\text{NO}_2]=f(\text{Hл/V}, \alpha, q)$. В контактном экономайзере происходит вымывание NO_2 водой.

Исследования показали, что содержание оксидов азота в газах до контактного экономайзера при увеличении нагрузки котла с 25 до 50 т/ч изменяется с 162 мг/м^3 до 181 мг/м^3 , а в газах после контактного экономайзера соответственно возрастает с 101 мг/м^3 до 109 мг/м^3 . Следовательно, при нагрузке котла 50 т/ч содержание оксидов азота в уходящих газах при работе с контактным экономайзером снижается на 40%. При этом содержание нитритов NO_2^- в воде после контактного экономайзера

увеличивается по сравнению с содержанием их в сырой воде с 0,13 мг/л до экономайзера до 0,32 мг/л для воды после контактного экономайзера. Аналогично изменяется и содержание нитратов NO_3^- (мг/л) в воде. Содержание нитратов в сырой воде составляло 5,6 мг/л, а в воде после контактного экономайзера оно равняется 9,0 мг/л. Это указывает на то, что оксиды азота NO_x растворяются в воде контактного экономайзера, что приводит к существенному снижению концентрации NO_x в продуктах сгорания после контактного экономайзера. Поэтому контактный экономайзер, имеющий значительную контактную поверхность, вследствие загрузки слоя камеры кольцами Рашига, можно рассматривать как двухфункциональный агрегат, т.е. для использования теплоты уходящих газов котлов и как установку для очистки газов от содержащихся в них оксидов азота.

Выводы

На основании результатов химических анализов воды, свидетельствующих о ее стабильности, можно сделать следующие выводы:

1. физико-химический состав воды, нагретой в контактном экономайзере, практически не изменяется.

2. горячая вода, нагретая в контактных экономайзерах, по санитарно-гигиеническим и химическим свойствам соответствует требованиям, предъявляемым к ней на промышленных предприятиях. Вода может быть использована для систем горячего водоснабжения, а также для подпитки тепловых сетей и в качестве питательной воды для котлов.

3. контактный экономайзер позволяет осуществлять достаточно эффективную очистку продуктов сгорания газа от оксидов азота. С уменьшением единичной мощности котла и увеличением коэффициента избытка воздуха эффективность метода возрастает. Если рассматривать экономическую эффективность метода в случае использования получаемой в контактном экономайзере теплоты, то стоимость снижения выхода оксидов азота с дымовыми газами будет значительно ниже, чем при использовании других методов.

Коррозионная активность воды, нагретой в контактном газовом экономайзере

Жихар Г.И., Закревский В.А.

Белорусский национальный технический университет

Одна из причин, сдерживающих широкое внедрение контактных экономайзеров – это опасение в отношении коррозионной активности воды, нагретой в контактных экономайзерах. Выполненные химические анализы воды до и после контактного экономайзера показывает, что увеличение концентрации CO_2 в процессе контактного нагрева воды продуктами сгорания природного газа приводит к снижению рН и тем самым представляет опасность с точки зрения коррозионной активности воды только при малой жесткости и небольшой бикарбонатной щелочности исходной воды. Во всех остальных случаях коррозионная активность воды существенно не меняется. Объясняется это тем, что значение рН воды, содержащей свободную угольную кислоту, зависит от буферных систем, находящихся в воде. Буферными называются растворы, содержащие слабую кислоту или слабое основание и их соли.

В воде, подогретой контактным путем дымовыми газами, буферную систему составляют растворенные в воде слабая угольная кислота (HCO_3^-). Для буферных растворов характерно малое изменение рН при действии на них кислот и оснований [1]. При наличии в воде более 1 мг-экв/л бикарбонатной щелочности слабая угольная кислота, даже при концентрации десятки миллиграммов на 1л, по данным [2], не может снизить рН более чем до 6,8-7,0. Объясняется это, тем, что при добавлении к воде кислоты избыточные ионы водорода H^+ связываются с ионами HCO_3^- в слабодиссоциированную угольную кислоту, а рН остается неизменной либо увеличивается.

Основными факторами коррозии являются кислород, рН среды, угольная кислота и температура.

Проведенные химические анализы воды, подогретой в контактном экономайзере, показали, что содержание кислорода в нагретой воде несколько уменьшается по сравнению с исходной. Таким образом, нет причин для увеличения скорости кислородной коррозии.

Вопрос о влиянии рН на коррозию сводится к определению скорости протекания реакции $\text{Fe} + 2\text{H}^+ \leftrightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2$ при различной концентрации ионов водорода. Понижение рН среды увеличивает вероятность коррозии, так как сдвигает равновесие вправо. Скорость коррозии зависит не только от рН, но и от стойкости защитных пленок на поверхности стенок и буферности среды.

По величине рН в нагретой воде можно судить о ее коррозионно-агрессивных свойствах. При рН=7 вода нейтральная, при рН<7 обладает слабокислотными свойствами, а при рН>7 слабощелочными. Например, вода городского водопровода имеет рН от 6,8 до 7,2. на величину рН нагреваемой воды может оказывать влияние свободная углекислота, которая в контактной камере абсорбируется водой из продуктов сгорания. Если водопроводная вода мягкая и бикарбонатная, ее щелочность (содержание ионов HCO_3^-) не превышает 1 мг-экв/л, то углекислота, перешедшая из отходящих газов в воду, снижает величину рН нагретой воды и вода приобретает коррозионно-агрессивные свойства.

Для оценки расчетным путем коррозионных свойств воды или ее стабильности применяется метод Ланжелье, согласно которому показателем стабильности воды является равенство: $J = \text{pH} - \text{pH}_s$,

где рН – фактически измеренная концентрация водородных ионов;

pH_s – концентрация водородных ионов, соответствующая состоянию стабильности воды, т.е. равновесному состоянию углекислых соединений.

Если $\text{pH} > \text{pH}_s$, то $J > 0(+)$ и вода неагрессивна; если $\text{pH} < \text{pH}_s$, то $J < 0(-)$ и вода агрессивна. Соотношением рН и pH_s определяются не все свойства воды, влияющие на коррозию, а лишь те, которые зависят от наличия в воде агрессивной угольной кислоты. Для определения стабильности обычно пользуются методом определения рН равновесного насыщения по содержанию ионов кальция, сухому остатку и щелочности [4].

$$\text{pH}_s = f_1(t) - f_2(\text{CO}_2^{2+}) - f_3(\text{Щ}) + f_4(a_{\text{co}}),$$

где $f_1(t)$, $f_2(\text{CO}_2^{2+})$, $f_3(\text{Щ})$, $f_4(a_{\text{co}})$ – соответственно функции температуры воды, концентрации кальция, щелочности воды, ее общего солесодержания. Стабильной считается вода, которая не выделяет и не растворяет осадка карбоната кальция.

На основе данных химических анализов воды, подогретой в контактных экономайзерах на многих объектах [1] были рассчитаны по методу Ланжелье pH_z и определен индекс. Индекс Ланжелье оказался положительным (т.е. больше нуля) или равен нулю, т.е. вода, подогретая в контактных экономайзерах на этих объектах, неагрессивна или стабильна. А также установлено, что при малой буферности воды, и в частности при отсутствии или небольшой концентрации в ней бикарбонатов, например в конденсаторе, содержание в воде даже незначительного количества CO_2 резко снижает pH , а индекс стабилизации воды становится отрицательным.

При оценке агрессивности воды наряду с концентрацией агрессивной углекислоты следует учитывать также и солевой состав воды. При увеличении содержания солей в воде количество свободной углекислоты, необходимое для поддержания состояния равновесия, уменьшается. При одном и том же содержании свободной углекислоты вода в присутствии большого количества солей будет более агрессивной.

Агрессивные свойства углекислоты объясняются ее способностью взаимодействовать с карбонатами и переводить их в растворимые в воде бикарбонаты, а также несколько снижать pH среды, в результате чего усиливается электрохимическая коррозия некоторых металлов.

Действия агрессивной углекислоты на металл заключается в растворении бикарбонатов, являющихся составной частью ржаво-карбонатных отложений и исключает возможность образования на стенках стальных и чугунных труб защитной карбонатной пленки. Отсутствие ее обуславливает контакт металла с водой и при наличии в природных водах кислорода тем самым ускоряет коррозию металла.

На контактном экономайзере котла ГМ-50-14 Жодинской ТЭЦ были установлены пластинчатые индикаторы коррозии. Данные индикаторы представляют собой пластины из стали ст.3 размером 100x50x3 мм. Поверхность индикаторов шлифуется и промывается раствором щелочи, спиртом и эфиром. Перед установкой высушенные образцы взвешиваются. Скорость и формы проявления коррозии материалов определяются по состоянию индикаторных пластин, простоявших максимальное время.

После извлечения индикаторов производят их осмотр, отмечая цвет образцов, равномерность отложений, наличие локальной (язвины или бугорки) или щелевой коррозии.

Описание внешнего вида поверхности индикаторов производят и после удаления продуктов коррозии, обращая особое внимание на наличие язв и локализацию коррозии. На основании определения массы индикаторов до установки и после снятия их были определены показатели коррозии по массе:

$$K=(P_1 - P_2)/\tau \cdot F, \text{ г/м}^2 \cdot \text{ч}$$

и глубине:

$$\Pi=8,76 K/\gamma, \text{ мм/год},$$

где P_1 и P_2 – масса индикаторов до установки и при ревизии (после удаления коррозионного слоя), г;

F – корродирующая площадь поверхности индикатора, м^2 ;

τ – часы работы индикатора;

γ – плотность металла, г/см^3 .

Согласно ГОСТ 5272-50, оценка стойкости металлов делается по глубинному показателю и определяются по десятибалльной шкале [3].

Таблица 1

Оценка стойкости	Скорость коррозии, мм/год	Балл
Совершенно стойкие	<0,001	0
Весьма стойкие	0,001-0,005	1
	0,005-0,01	2
	0,01-0,05	3
Стойкие	0,05-0,1	4
	0,1-0,5	5
Понижено стойкие	0,5-1,0	6
	1-5	7
Малостойкие	5-10	8
	>10	9

Результаты исследования коррозии в контактном газовом экономайзере представлены в таблице 2.

Сырая вода с жесткостью 3,65-5,0 мг-экв/л и щелочностью 2,3-3,1 мг-экв/л.

Таблица 2

Место установки индикатора	К г/м ² ч	П мм/год	балл
Трубопровод горячей воды	0,042	0,046	3
Водяной объем экономайзера	0,112	0,125	5
Газоход уходящих газов	0,017	0,019	3

Выводы

1. Установлено, что стойкость металла трубопровода горячей воды и газохода уходящих газов составляет 3 балла, а металла водяного объема контактного экономайзера – 5 баллов.

2. Возможное увеличение концентрации CO₂ в воде при наличии в ней бикарбонатов в количестве более 2 мг-экв/л не приводит к заметному усилению коррозии металла. Поэтому можно считать, что коррозионная активность воды, нагретой в контактом газовом экономайзере не больше, чем воды, нагретой в бойлерах.

Литература

1. Аронов, И.З. Контактный нагрев воды продуктами сгорания природного газа. Л.: Недра. – 1990. – 280 с.
2. Солодовникова, Е.Н., Аронов, И.З. О коррозионных свойствах воды, нагретой в контактных газовых экономайзерах. // Газовая промышленность. – 1970. – №3. – с. 40-42.
3. Теплотехнический справочник. Т.1. М-Л.: Госэнергоиздат. – 1957. – 724 с.

Анализ эффективности применения контактных ПГУ

Качан С.А., Барановский И.Н., Кравцов В.И.

Белорусский национальный технический университет

В последние десятилетия осваивается парогазовый цикл STIG с полным энергетическим впрыском всего получаемого в котле-утилизаторе пара в газовый тракт (камеру сгорания) [1].

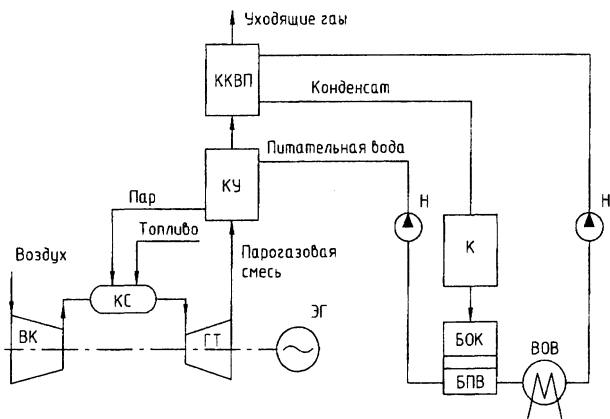
Достоинством таких контактных ПГУ (КПГУ) является существенное снижение их удельной стоимости из-за отсутствия паротурбинного оборудования при высоких значениях удельной работы парогазовой смеси. КПГУ характеризуются меньшим падением мощности при увеличении температуры наружного воздуха, чем установки простого цикла, и имеют практически не зависимый от мощности электрический КПД.

Применение контактных ПГУ обеспечивают улучшение экологических характеристик и минимальные значения выбросов NO_x и CO без дополнительных затрат, а также уменьшение себестоимости производства электроэнергии и сокращение сроков окупаемости инвестиций.

Техническая возможность применения КПГУ предопределяется наличием их заводского производства НПП "Машпроект" (г. Николаев, Украина). Для снижения затрат на водоподготовку здесь разработан усовершенствованный вариант цикла, названный "Водолей" (рис.1), с конденсацией пара из уходящих газов в контактном конденсаторе [2].

При достаточно высоких значениях начальной температуры газов t_3 и степени повышения давления в компрессоре π_k в схемах STIG можно получить высокие значения КПД "встроенного" паросилового цикла и КПГУ в целом. Так, по данным [1, 2] электрический КПД контактных ПГУ при $\pi_k \approx 20$ и $t_3 \approx 1100^\circ\text{C}$ составляет не менее 43%. Дальнейшее повышение параметров цикла позволяет увеличить КПД до 46% (при $\pi_k \approx 25$ и $t_3 \approx 1200^\circ\text{C}$) и более. При $\pi_k \approx 25 \dots 30$ и $t_3 \approx 1250 \dots 1350^\circ\text{C}$ эффективный КПД реальных установок может достичь 50 ... 52%. Для ГТУ оптимальное значение степени повышения давления $\pi_{k,\text{opt}}$ зависит от уровня начальной температуры t_3 и определяет соот-

ношение полезной мощности и потерь теплоты с уходящими газами [3].



ВК - Воздушный компрессор, КС - Камера сгорания,
 ГТ - Газовая турбина, ЭГ - Электродвигатель,
 КУ - Котел-утилизатор, К - Конденсатор,
 ККВП - Контактный конденсатор водяного пара,
 БОК - Блок очистки конденсата,
 БЛВ - Расходный бак питательной воды,
 ВОВ - Внешний охладитель воды, Н - насос.

Рисунок 1. Принципиальная схема установки "Водолей"

При применении энергетического впрыска пара и отсутствии устройств утилизации сбросной теплоты, с одной стороны, можно ожидать увеличения $\pi_{к,орт}$ вследствие повышения при этом удельной работы водяных паров и внутреннего КПД "встроенного" паросилового цикла. По оценкам, соотношение мощности КПУ, получаемой на водяном паре и "сухих" газах, с учетом коэффициента φ полезной работы ГТУ составляет

$$m_n^{\varphi} = \frac{H_{оп}}{H_{ог} \cdot \varphi} = \frac{1}{\varphi} \cdot \left(\frac{k_n}{k_n - 1} R_n \right) / \left(\frac{k_r}{k_r - 1} R_r \right) \approx 3,5 \dots 4,$$

где $H_{оп}$, $H_{ог}$, k_n , k_r - располагаемый теплоперепад и показатели адиабаты для водяных паров и "сухих" газов соответственно; R_n , R_r - соответствующие значения газовых постоянных.

Однако, получение в котле-утилизаторе пара, подаваемого на впрыск, обеспечивает достаточно глубокую утилизацию теплоты газов после газовой турбины. Температура газов на выходе из котла-утилизатора КПУ находится на уровне ее значений для утилизационных ПГУ, а это способствует снижению величины $\pi_{к,опт}$.

В результате значения $\pi_{к,опт}$ обеспечивающие максимальный электрический КПД контактных ПГУ, оказываются сравнимыми и даже несколько меньшими, чем для одноцелевых ГТУ при тех же значениях t_3 , и, естественно, возрастают при увеличении последней.

Литература

1. Парогазовая установка с впрыском пара: возможности и оптимизация параметров цикла / Стырикович М.А., Фаворский О.Н., Батенин В.М. и др // Теплоэнергетика. – 1995. – № 10. – С. 52 – 57.
2. Газоперекачивающая установка ГПУ16К – опыт + новые решения. – Николаев НПО "Машпроект", 1997.
3. Стационарные газотурбинные установки / Л.В. Арсеньев, В.Г. Тырышкин, М.А. Богов [и др.] / Под ред. Л.В. Арсеньева, В.Г. Тырышкина. Л.: Машиностроение. – 1989. – 543 с.

УДК 621.34

К выбору температурного графика теплосети при количественно-качественном способе регулирования тепловой нагрузки

Седнин А.В., Марченко П.Ю.

Белорусский национальный технический университет

В системе теплоснабжения РБ применяется центральное качественное регулирование отпуска теплоты потребителю, которое более эффективно при покрытии однородной нагрузки [1]. Однако в настоящее время тепловая нагрузка станций имеет неоднородный характер. Большое влияние на экономичность работы оборудования оказывает соотношение отопительной нагрузки и нагрузки ГВС, а также уровень автоматизации абонентских вводов потребителей. Для двух крупнейших ТЭЦ республики, Минской ТЭЦ-4 и Гомельской ТЭЦ-2, колебания рас-

ходов теплоносителя в течение дня в летний период составляют 25% и 30 % соответственно. Поэтому более перспективно в настоящее время применение метода количественно-качественного режима регулирования (ККР). Согласно применению данного метода требует технико-экономического обоснования.

Для определения эффективности реализации ККР первоначально необходимо определить оптимальный температурный график работы теплосети. Причем для данного режима оптимизируется не только температура теплоносителя, но и изменение расхода теплоносителя в течение года: т.к. в зависимости от продолжительности режима с малым расходом теплоносителя в значительной мере увеличивается эффективность внедрения ККР.

Построение графика температур для заданного режима расхода воды может быть выполнено решением уравнений теплового режима отопительной системы, в которых необходимо внести степенную зависимость изменения коэффициента теплопередачи нагревательных приборов. Он изменяется в зависимости от разности температур прибора и окружающей воды [2]:

$$k = c(t_1 + t_2 - 2t_B)^{0,25},$$

где c – теплоемкость воды, кДж/(кг·К); t_1 – температура теплоносителя в падающих трубах, °С; t_2 – температура теплоносителя в обратных трубах, °С; t_A – температура внутри помещения, °С.

Т.о. необходимая система уравнений имеет вид:

$$\frac{t_B - t'_H}{t_B - t_H} = \frac{[t'_C + (2u + 1)t'_2 - 2(u + 1)t_B]^{1,25}}{[t_C + (2u + 1)t_2 - 2(u + 1)t_B]^{1,25}} = \frac{G'(t'_C - t'_2)}{G(t_C - t_2)},$$

где t_f – температуру наружного воздуха, °С; u – коэффициент смешения элеватора; G – расход сетевой воды, кг/ч; индекс ' – те же величины, но при произвольном расходе теплоносителя.

Решая данное уравнение, находим:

$$t'_C = t_B + \left[\frac{t_C + (2u + 1)t_2}{2(u + 1)} - t_B \right] \left(\frac{t_B - t'_H}{t_B - t_H} \right)^{0,8} +$$

$$+ \frac{(2u+1)G(t_C - t_2)(t_B - t'_H)}{2(u+1)G'(t_B - t_H)};$$

$$t'_2 = t_B + \left[\frac{t_C + (2u+1)t_2}{2(u+1)} - t_B \right] \left(\frac{t_B - t'_H}{t_B - t_H} \right)^{0,8} -$$

$$\frac{G(t_C - t_2)(t_B - t'_H)}{2G'(u+1)(t_B - t_H)};$$

Для расчетных условий $t_C = 150^\circ\text{C}$, $t_2 = 70^\circ\text{C}$, $t_B = 18^\circ\text{C}$, $t_H = -24^\circ\text{C}$, $u = 2,2$ и введя коэффициент $p = G' / G$ получаем:

$$t'_C = 18 + 2,91(18 - t'_H)^{0,8} + 1,61(18 - t'_H)p^{-1};$$

$$t'_2 = 18 + 2,91(18 - t'_H)^{0,8} - 0,3(18 - t'_H)p^{-1}.$$

По данным формулам можно построить температурный график теплосети для любых значений расхода теплоносителя. На рисунке 1 показан трехступенчатый график температур.

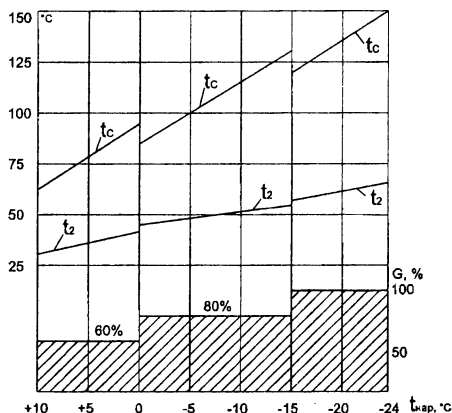


Рисунок 1. Трехступенчатый график регулирования

Для оценки экономического эффекта, а именно экономии расхода электроэнергии на перекачку теплоносителя, на рисунке 2 показан аналогичный график, но в зависимости от количества часов с одинаковой температурой наружного воздуха.

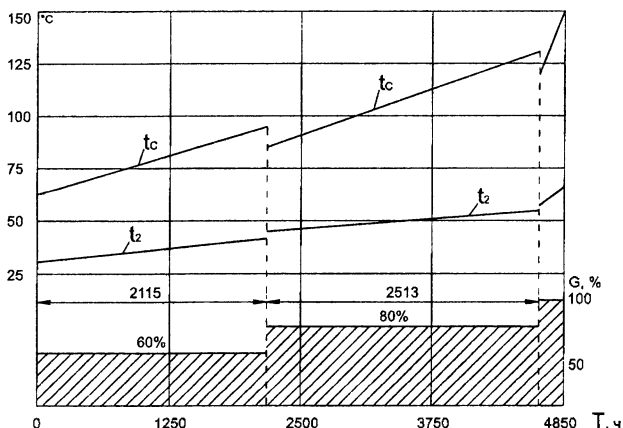


Рисунок 2. Трехступенчатый график регулирования.

При таком графике ступенчатого количественно-качественного регулирования тепловые сети работали бы со 100% расходом сетевой воды весьма ограниченное время – всего 230 часов (для климатических условий г. Минска).

Учитывая, что расход электроэнергии сетевыми насосами пропорционален третьей степени изменения расхода воды, в приведенном графике расходуемая насосами мощность при уменьшении расхода воды до 80 % падает до 51,2 % и при уменьшении расхода воды в тепловых сетях до 60 % расходуемая мощность падает до 21,6 %.

Однако для оптимизации температуры сетевой воды и определения оптимального числа ступеней графика регулирования необходимо рассчитать экономический эффект.

Основным критерием эффективности для действующих систем теплоснабжения следует принимать затраты топлива на производство и транспорт тепловой энергии – критерий, изначально принятый для обоснования качественного температурного графика отпуска теплоты.

В случае отпуска теплоты от ТЭЦ данный критерий будет состоять из следующих параметров:

расход топлива на производство теплоты $Q_{отп}$, которая состоит из тепловой нагрузки потребителей $Q_{пот}$ и тепловых потерь при транспорте тепловой энергии от станции до теплового потребителя $Q_{тр}$;

расход топлива на производство электроэнергии, потребляемой приводами сетевых насосов.

Кроме того, необходимо учесть тесную взаимосвязь режимов турбины и системы теплоснабжения, т.к. при изменении тепловой нагрузки наиболее существенно изменяются режимы регулирующих ступеней ЧВД, теплофикационные отсеки (группы ступеней, предшествующие регулируемым отборам пара), промежуточный отсек, часть низкого давления турбины.

Литература

1. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472с.
2. Дюскин, В.К. Количественно-качественное регулирование тепловых сетей. – М.: Энергоиздат, 1959. – 147 с.

УДК 621.311

Пути реконструкции ТЭЦ малой мощности Республики Беларусь

Седнин А.В., Богданович М.Л.

Белорусский национальный технический университет

В 50-ые годы прошлого столетия в ряде областных и районных центрах республики вводились тепловые электрические станции (ТЭС) со средними параметрами свежего пара по типовым проектам "Промэнергопроект". На многих ТЭС устанавливалось оборудование находившееся до этого момента в эксплуатации. Такое решение было связано с нехваткой средств, для покрытия нужд энергетической отрасли государства. В 70-ые годы многие конденсационные турбоагрегаты, на ТЭС средних параметров, были демонтированы, либо переведены в режим работы с "ухудшенным" вакуумом. В результате чего, многие городские электрические станции перешли в разряд теплоэлектроцентралей (ТЭЦ). Дальнейшее развитие теплофикации областных городов осуществлялось за счет ввода на ТЭЦ малой мощности пиковых водогрейных котлов, и лишь в наиболее значимых промышленных центрах строились крупные промышленно-отопительные ТЭЦ [1].

На сегодняшний день в составе концерна "Белэнерго" насчитывается около полутора десятков ТЭЦ малой мощности, часть

из которых появилась в период с 2000 года на базе бывших котельных.

Под ТЭЦ малой мощности в данном случае будем понимать теплофикационные источники теплоснабжения, с начальными параметрами пара не превышающими $P_0 = 4$ МПа, $T_0 = 450$ °С, с парогенераторами производительностью не более 75 т/ч и паровыми турбинами электрической мощностью не более 12 МВт, тепловой – 80 Гкал/ч.

Они характеризуются выработкой электроэнергии на внутреннем и внешнем тепловом потреблении и в большинстве случаев, являются градообразующими объектами, решая вопросы надежности энергоснабжения отдельных городов [2].

Для покрытия тепловых нагрузок на ТЭЦ малой мощности используются либо паровые теплофикационные турбины с противодавлением, либо конденсационные машины, переведенные на режим "ухудшенного" вакуум. Тепловые схемы ТЭЦ малой мощности не являются сложными и в ряде случаев могут быть сведены к принципиальной схеме представленной на рисунке 1.

На сегодняшний день можно выделить следующие основные проблемы и особенности характерные для работы ТЭЦ малой мощности:

- "старение" оборудования. Около 50 % основного оборудования находится в эксплуатации более 50 лет.

- несовершенство тепловых схем с термодинамической точки зрения. Около 50 % ТЭЦ малой мощности были спроектированы и построены по проектам, не предусматривающим достижения максимальной тепловой экономичности. Так на многих станциях отсутствует или не используется регенеративный подогрев питательной воды, не используется разделение тепловых потоков различных потенциалов (давлений), эксплуатируется основное оборудование со средними начальными параметрами пара.

- использование одного типа теплового двигателя. Все рассматриваемые ТЭЦ производят тепловую и электрическую энергию на базе паротурбинных установок.

- изменение характера тепловых нагрузок. Большинство ТЭЦ малой мощности должны обеспечивать паром производственных потребителей, которые за последние 20 лет снизили объемы производства конечной продукции, и как следствие – энергопо-

гребление. С другой стороны, в ряде случаев выросли значения теплофикационных нагрузок (горячее водоснабжение и отопление), за счет развития городов или увеличения зоны работы ТЭЦ, путем передачи нагрузки от отопительных котельных.

Для подтверждения сказанного, в качестве примера, были рассмотрены режимы работы Могилевской ТЭЦ-1 за период с 1990 по 2005 годы.

Анализ режимов показал, что только из-за несовершенства тепловой схемы ТЭЦ годовой перерасход топлива составляет ~ 6700 т у.т.

На основании выше сказанного можно сделать следующие выводы:

1. ТЭЦ малой мощности, в энергетической системе Белоруссии, являются высокоэкономичными системами теплоснабжения отдельных городов или городских микрорайонов, за счет 100 % выработки электроэнергии на тепловом потреблении, что неоспоримо доказывает целесообразность их нахождения в составе концерна "Белэнерго".

2. Из анализа состава основного оборудования, их дат ввода, тепловых (технологических) схем производства и отпуска продукции выявлены основные проблемы характерные для малых ТЭЦ: износ основных производственных фондов, несовершенство тепловых схем с термодинамической точки зрения, использование одного типа теплового двигателя, изменение характера тепловых нагрузок.

3. На примере Могилевской ТЭЦ-1 определены численные значения пережога топлива вследствие несовершенства тепловой схемы станции, характеризующиеся: применением основного оборудования со средними начальными параметрами пара, отказ от регенеративного подогрева питательной воды при наличии ПВД и недогруженных отборов, подключение тепловых потребителей использующих пар различных потенциалов к одному отбору турбин (отборному коллектору), применение РОУ 3,6/1,1 МПа как источник покрытия нужд потребителя с устойчивой годовой тепловой нагрузкой.

4. Основными направлениями по реконструкции малых ТЭЦ могут служить: применение когенерационной газотурбинной установки, применение комбинированной парогазовой установ-

ки, сочетание паротурбинной установки и двигателя внутреннего сгорания.

5. Применение газотурбинного, парогазового и газопоршневого оборудования может быть недопустимым на реконструируемых ТЭЦ малых мощностей, из-за роста годовых выбросов NO_x при сжигании природного газа, особенно в городах с тяжелой экологической обстановкой.

Литература

1. Белорусская энергетическая система (1931-1991) – составитель Александров. И Н., Мн – Министерство энергетики Республики Беларусь, 1992.
2. Государственная комплексная программа модернизации основных производственных фондов Белорусской энергетической системы, энергосбережения и увеличения доли использования в республике собственных топливно-энергетических ресурсов в 2006 – 2010 годах. Указ Президента Республики Беларусь от 25 августа 2005 г. №399.

УДК 621.181

Учет экологического фактора при определении показателей надежности ТЭС

Шичко С.Н.
Минская ТЭЦ-5

В работе [1] получена зависимость функционального состояния ТЭС от надежности и экономичности. Дополнительно в [2] был введен третий фактор – экологичность, учитывающий степень экологического воздействия энергетического объекта на окружающую среду.

В качестве фактора экологичности рассмотрены выбросы окислов азота, мг/м³. В результате расчета для энергоблока К-300-240 была получена функция полезности (ФП), объединяющие все три показателя:

$$D = \exp \left\{ -\frac{1}{3} \left[\exp(17,366 - 0,5 \cdot b_y) + \exp(-301,7 + 308,6 \cdot \dot{E}_a) + \right] \right\} \left[\exp(2,398 - 0,007 \cdot NO_x) \right]$$

(1)

Проанализируем на основе полученных выражений ФП для энергоблока К-300-240 возможные соотношения между количественными значениями входящих в нее показателей. В общем виде для ФП, содержащей три показателя:

$$D = \sqrt{d_1 \cdot d_2 \cdot d_3}, \quad (2)$$

где d определяется в соответствии с формулами 2.6, 2.7, y_i — исследуемый показатель функционирования ТЭС.

$$d_1 = \frac{D^3}{d_2 d_3}, \quad (3)$$

либо с учетом преобразований

$$y_1 = \frac{\ln \left[-\ln \left(\frac{D^3}{d_2 \cdot d_3} \right) \right] - x_{11}}{x_{21}} = \frac{\ln \left[-\ln \left(\frac{D^3}{-\exp(-\exp(x_{12} + x_{22} \cdot y_2)) \cdot d_3} \right) \right] - x_{11}}{x_{21}}, \quad (4)$$

получим формулу для оценки изменения одного параметра за счет ухудшения (улучшения) показателей другого параметра при обеспечении заданного значения комплексного показателя функционирования ТЭС. Для искомого показателя эффективности его зависимость от частной функции полезности:

$$y_i = \frac{\ln(-\ln d_i) - x_{1i}}{x_{2i}}; \quad (5)$$

$$NO_x = \frac{\ln(-\ln d_{NO_x}) + 2,398}{0,007}; \quad (6)$$

$$b = \frac{\ln(-\ln d_b) + 17,366}{0,05}; \quad (7)$$

$$K_2 = \frac{\ln(-\ln d_{K_2}) - 301,7}{-308,6}. \quad (8)$$

В приведенных формулах 5-8 параметры функционирования выражены через их частную функцию полезности.

Определим взаимные влияния параметров оптимизации:

$$\begin{cases} NO_x = f(K_z), b = const \\ NO_x = f(b), K_z = const \end{cases}; \begin{cases} b = f(K_z), NO_x = const \\ b = f(NO_x), K_z = const \end{cases};$$

$$\begin{cases} K_z = f(NO_x), b = const \\ K_z = f(b), NO_x = const \end{cases};$$

$$NO_x(K_z) = \frac{-\ln \left[-\ln \left(\frac{D^3}{\exp(-\exp(-301,7 + 308,6 \cdot K_z))} \cdot d(b) \right) \right]}{0,007}$$

$$NO_x(b) = \frac{-\ln \left[-\ln \left(\frac{D^3}{\exp(-\exp(17,366 - 0,05 \cdot b))} \cdot d(K_z) \right) \right] + 2,398}{0,007};$$

$$b(NO_x) = \frac{-\ln \left[-\ln \left(\frac{D^3}{\exp(-\exp(2,398 - 0,007 \cdot NO_x))} \cdot d(K_z) \right) \right] + 17,366}{0,05}$$

$$b(K_z) = \frac{-\ln \left[-\ln \left(\frac{D^3}{\exp(-\exp(-301,7 + 308,6 \cdot K_z))} \cdot d(NO_x) \right) \right] + 17,366}{0,05};$$

$$K_z(b) = \frac{\ln \left[-\ln \left(\frac{D^3}{\exp(-\exp(17,366 - 0,05 \cdot b))} \cdot d(NO_x) \right) \right] + 301,7}{308,6};$$

$$K_z(NO_x) = \frac{\ln \left[-\ln \left(\frac{D^3}{\exp(-\exp(2,398 - 0,007 \cdot NO_x))} \cdot d(b) \right) \right] + 301,7}{308,6}.$$

Приведенные зависимости описывают попарно взаимное влияние коэффициентов комплексного критерия эффективности. Две последние формулы позволяют установить количественную взаимосвязь между показателем надежности, показате-

лими экономичности и экологичности с учетом заданных ограничений.

Таблица 4. Результаты расчета параметров оптимизации

Отметки на шкале полезности	NO _x	K _r	b ₃
0,95	0	0,9873	287,9
0,9	13,9	0,9849	302,3
0,85	75,9	0,9835	311,0
0,8	121,2	0,9825	317,3
0,75	157,4	0,9817	322,4
0,7	188,2	0,9810	326,7
0,65	215,1	0,9804	330,5
0,6	239,5	0,9798	333,9
0,55	261,9	0,9793	337,0
0,5	283,1	0,9788	340,0
0,45	303,3	0,9784	342,8
0,4	322,9	0,9779	345,6
0,35	342,4	0,9775	348,3
0,3	361,9	0,9770	351,0
0,25	382,1	0,9766	353,9
0,2	403,4	0,9761	356,8

Литература

1. Карницкий, Н.Б. Решение задач синтеза надежности с помощью мультипликативных критериев оптимальности // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ).—2001— № 3. —с.115-119.
2. Шичко, С.Н. Комплексный критерий оценки эффективности работы ТЭС// Энергетика – Изв. Высш. Учеб. Заведений и энерг. Объединений СНГ. – 2005

**Энергетическая эффективность
применения радиационных теплообогревателей
на промышленных объектах**

Седнин В.А., Кичаев М.В.

Белорусский национальный технический университет

Вопрос рационального использования и экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на сегодняшний день является одним из самых актуальных и обсуждаемых вопросов в мире. Обсуждение этого вопроса закономерно и связано с постоянно растущими ценами на основные энергоносители при стабильно увеличивающемся спросе на них и существующей тенденции к значительному снижению мировых запасов топлива. Для Республики Беларусь вопрос актуален еще и тем, что большая часть (до 70%) технологий и оборудования, используемых в промышленности и энергетике, устарело и не обеспечивает требуемого экономикой снижения энергетической составляющей в себестоимости продукции. В связи с этим поиску энергоэффективных технологий, отвечающих потребностям современной экономики, уделяется такое большое внимание со стороны государственного аппарата Республики Беларусь. Существующее на сегодняшний день многообразие технических решений в области рационального использования ТЭР, как для нужд нового строительства, так и для модернизации функционирующих объектов энергопотребления, дают широкое представление о возможностях использования передовых технологий. Между тем выбор технического решения зависит от множества факторов (экономических, географических, политических) и напрямую связан с ожидаемым эффектом от внедрения того или иного решения. Рассчитать энергетическую и экономическую эффективность вариантов, разработать последовательный алгоритм выбора технологии и выработать технические модели, адаптированные к конкретному объекту – на этом основывается вопрос комплексного решения проблемы эффективного использования ТЭР.

Применение радиационных теплообогревателей для нужд отопления является одной из возможностей максимально эффективного использования ТЭР и достижения показателей энер-

гетической эффективности "научно обоснованной абсолютной или удельной величины потребления топливно-энергетических ресурсов (с учетом их нормативных потерь) на производство единицы продукции (работ, услуг) любого назначения"[1]. Другими словами, энергетическая эффективность – это связующее звено между экономическими и конструктивными параметрами, необходимое для сравнения и, как следствие, выбора того или иного технического решения, адаптированного к конечному потребителю.

Вопросы, возникающие при выборе инновационных технологий, состоят не только в удовлетворении физиологических, технических и эстетических требований, но и в решении необходимых экономических задач, связанных в первую очередь с расчетом показателей энергоэффективности и срока окупаемости капиталовложений. В сущности, решение поставленных задач – это сравнение расчетных экономических и энергетических показателей для различных вариантов отопления.

Эффективность применения того или иного варианта отопления зависит от влияния следующих факторов:

1) величины единовременных капитальных затрат (стоимость оборудования, проектных, монтажных и пусконаладочных работ);

2) расходов на эксплуатацию (потребление и стоимость энергетических ресурсов, расходы на обслуживание, текущий и капитальный ремонт, срок эксплуатации оборудования и т.д.).

При выполнении экономического обоснования выбора варианта отопления необходимо обратить внимание на требуемый режим работы (кратковременный или продолжительный обогрев) и целевой характер работы (отопление всего помещения или выделенных зон и участков).

Опыт проектирования и эксплуатации радиационных теплообогревателей приводит к следующим основным соображениям [2]:

1) чем выше и больше по площади обогреваемое помещение, тем менее выгодно применение конвективного способа отопления. В этом случае приходится нагревать большой объем воздуха, требуется длительный разогрев и потребляется большое количество теплоты. Кроме того, теплый воздух сначала поднимает

ется вверх и попадает в зону пребывания людей только через определенное время.

2) при плохой теплоизоляции помещения сверху (со стороны перекрытия) и с боковых сторон при конвективном способе отопления неизбежны значительные потери теплоты в окружающую среду (особенно в помещениях с высокими застекленными светопроемами - в цехах заводов и т. п.).

При использовании радиационных теплообогревателей все эти трудности отпадают и, наоборот, появляется ряд экономических преимуществ:

1) внедрение радиационных теплообогревателей тем выгоднее, чем выше обогреваемое помещение. Например, для помещений с $H > 6$ м расход топлива радиационного способа обогрева составляет около 20% расхода топлива в варианте конвективного отопления, в то время как для помещений с $H \geq 10$ м, обогреваемых лучистым способом, расход топлива доходит до 50 %. В таких помещениях можно с успехом использовать его специфическое преимущество: облучение строго ограниченных участков и рабочих мест. Это целесообразно, к примеру, в заводских цехах, где возможен обогрев только используемых в данное время площадей помещения [2].

2) температура воздуха в помещении может быть на несколько градусов ниже, чем при конвективном отоплении. При конвективном способе отопления ощущение теплового комфорта создается при $t_{в} = 20-22$ °С, при лучистом обогреве вполне достаточна $t_{в} = 15-18$ °С, что позволяет экономить до 30% ТЭР [2], [3];

3) на экономику внедрения системы отопления влияет характер воздухообмена в помещении. Так, в производственных помещениях с большим количеством рабочих (заводские цеха и т. п.) необходимо с помощью вентиляции удалять пыль и вредные газы. При этом конвективный способ обогрева приводит к значительным потерям теплоты, тогда как при лучистом обогреве действие вентиляции почти не влияет на тепловой баланс [2], [3].

4) особенно отчетливо экономические преимущества лучистого обогрева сказываются применительно к частично открытым помещениям: верфям, заводским цехам с открытыми торцами, стадионам и т. п. Конвективный обогрев в этих случаях

вообще лишен смысла из-за беспрепятственных потерь теплого воздуха в окружающую среду [3].

5) радиационные теплообогреватели создают тепловой эффект в кратчайшее время, поэтому, такие установки особенно оправдывают себя в помещениях с кратковременным пребыванием людей, таких как конференц-залы, заводские столовые, таможенные залы и т. п.

6) благоприятные экономические условия создаются при использовании установок лучистого обогрева в межотопительный период, т.е. в начале и в конце зимы. Их КПД значительно выше, чем у установок конвективного отопления, которые из-за трудностей регулирования создают перегрев, либо недогрев помещений. Лучистый обогрев также экономически выгоден при переменных режимах функционирования систем отопления. При этом кратковременный расход энергии в установке лучистого обогрева себя вполне оправдывает.

7) стоимость первоначальных затрат при сооружении установок лучистого обогрева значительно ниже, чем при создании систем конвективного отопления (до 40%).

8) эксплуатация установок лучистого ИК-обогрева (потребление и стоимость энергетических ресурсов, расходы на обслуживание, текущий и капитальный ремонт, срока эксплуатации и т.д.) обходится сравнительно дешево и сопряжена с меньшими расходами, чем эксплуатация соответствующих установок конвективного отопления.

Таким образом, можно констатировать, что энергетическая эффективность при применении радиационных теплообогревателей достигается за счет:

- снижения потребления топлива, вследствие локализации зоны обогрева производственных помещений;

- снижения потребления топлива, из-за равномерного распределения теплоты в воздушном объеме помещения;

- снижения потребления топлива, в результате снижения потерь теплоты на нагрев помещений и приточного воздуха;

- отсутствия тепловых потерь по теплотрассе или паропроводу;

- снижения потребления электроэнергии;

- возможность точного регулирования температуры не только на всей площади помещения, но и на отдельных участках.

Указанные обстоятельства позволяют сделать вывод о целесообразности использования радиационных теплообогревателей на промышленных объектах Республики Беларусь в рамках реализации государственной программы по "Модернизации основных производственных фондов белорусской энергетической системы, энергосбережения и увеличения в республике доли использования собственных топливно-энергетических ресурсов на 2006-2010 годы".

Литература

1. Комитет по энергоэффективности при СМ РБ - Официальный сайт [Электронный ресурс] / Комитет по энергоэффективности при СМ РБ – Минск, 2006. – http://energoeffekt.gov.by/doc/law_energосave.asp– Дата доступа: 20.05.2006.
2. Левитин, И.Б. Применение инфракрасной техники в народном хозяйстве/ Левитин И.Б. - Л.Энергоиздат, Л. 1981.
3. Thomas Kuebler Infrarot-Heizungstechnik fuer Groessraeume/ Thomas Kuebler(Hrsg.) – Essen Vulkan-Verl. 2001 218

УДК 681:51 (075.8)

Структурно-параметрическая оптимизация регуляторов впрысков

Кулаков Г.Т., Горелышева М.Л.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время одним из основных факторов, определяющих энергетическую безопасность Республики Беларусь, является износ основного оборудования тепловых электрических станций, электрических и тепловых сетей. Износ основного оборудования приводит к снижению экономичности, надёжности и долговечности работы. В настоящее время износ основных производственных фондов предприятий концерна "Белэнерго" составляет более 60 %. Поэтому актуальным становится вопрос построения таких систем автоматического регулирования (САР), которые бы изменяли свои свойства в процессе работы независимо от изменения параметров объекта, основных

возмущающих воздействий и при этом работали бы в оптимальном режиме во всём диапазоне изменения нагрузок. Это позволит повысить экономичность, надежность и долговечность работы теплоэнергетического оборудования ТЭС при переменных режимах работы.

Шведские ученые Т. Hagglund и К. Aström предложили компромиссный вариант, направленный на ликвидирование недостатков как ручной, так и автоматической настройки [1]. Идея заключена в самонастройке регулятора на этапе включения системы. Это позволяет, с одной стороны, автоматизировать настройку регуляторов, а, с другой стороны, осуществить ее намного быстрее и точнее по сравнению с использованием методик ручной настройки. Для микропроцессорной реализации таких регуляторов в сравнении с обычными потребуются незначительные дополнительные затраты на установку алгоритмов настройки, а производственные выгоды получатся значительными.

На сегодняшний момент аналогичные регуляторы используются. Они реализуются с использованием частотных методов, которые позволяют получать оптимальные настройки и удовлетворяющую заданным техническим требованиям работу систем. В то же время такие регуляторы имеют определенные недостатки: наличие сравнительно большого количества частотных фильтров, значительный объем вычисленных затрат, сложность реализации с заданной точностью желаемых показателей качества, сложность обеспечения работоспособности по этим показателям, препятствия принципиального характера при использовании регуляторов для управления объектами с распределенными параметрами и др. [1].

Температура перегретого пара за котлом поддерживается двумя последовательно включенными впрысками с использованием двух независимо регулируемых систем с дифференцированием промежуточного сигнала. В случае САР с дифференциатором последний настраивают по передаточной функции инерционного участка объекта регулирования на оптимальную отработку крайнего внешнего возмущения по методу полной компенсации в частном виде [2], а основной регулятор рассчитывают с учетом коэффициента усиления дифференциатора на оптимальную отработку внутреннего возмущения по методу частичной компенсации или методу частичной компенсации с ог-

раничением, если частоты в обоих контурах соизмеримы [2, 3]. Недостатком двух типовых последовательных впрысков, автоматизация которых основана на применении САР с промежуточным сигналом, является независимая работа контуров друг от друга, т.к. при больших возмущениях на выходной пакет пароперегревателя выходной впрыск может выходить из диапазона регулирования, что существенно снижает качество регулирования при разных режимах работы котла. Для устранения этого недостатка предлагается модернизировать систему регулирования двух последовательно включенных по ходу пара впрысков, связав первый и второй впрыск. При этом первый впрыск по ходу пара должен помогать при выходе конечного впрыска из диапазона регулирования.

Температура на выходе каждого участка стабилизируется отдельными автоматическими регуляторами, действующими на впрыскивающие устройства, устанавливаемые между поверхностями нагрева. (Рис. 1).

Регулируемым параметром для первого, по ходу пара, впрыска, является показание термопары с соответствующей температурой t_2 за первым пакетом конвективного пароперегревателя (КПП), а для второго регулятора-- t_0 , температура перегретого пара за котлом. Структурная схема первого впрыска типовая (САР с дифференциатором). При незначительном изменении динамики объекта качество регулирования ухудшается несущественно. Но при работе котла в широком диапазоне изменения нагрузок (например, для прямоточных котлов в диапазоне 100-30%) система дополняется устройством коррекции параметров динамической настройки (УКПДН) в функции от нагрузки котла, которое работает по сигналу датчика расхода нагрузки Д, обеспечивает хорошее качество регулирования в широком диапазоне изменения нагрузок.

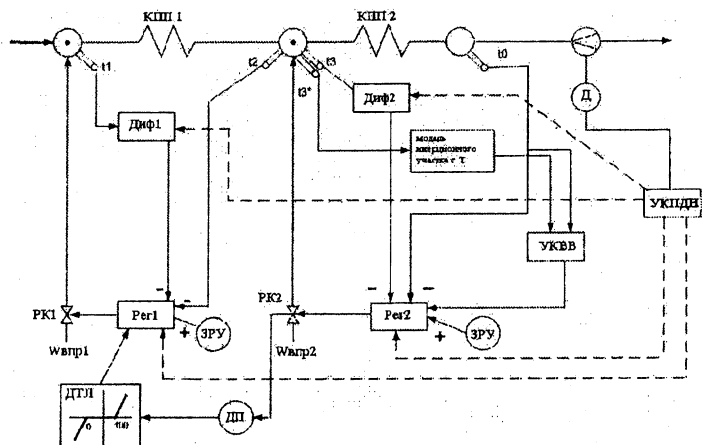


Рисунок 1. Предполагаемая система регулирования двух последовательно включенных впрысков

Регулятор конечного впрыска $Per2$ настраивается по методу частичной компенсации [2] для отработки внутреннего возмущения. Второй дифференциатор Диф2 настраивается на реализацию внутреннего контура при отработке совместно с регулятором внутреннего воздействия, а также для компенсации инерционности и запаздывания по каналу регулирующего воздействия КПП2.

В отличие от типовых САР с дифференциатором в САР конечного впрыска дополнительно промежуточная регулируемая величина за впрыском t_3^* подается на вход модели инерционного участка с запаздыванием, выход которой с помощью обратной отрицательной связи подключен ко входу устройства компенсации внешнего возмущения (УКВВ), на второй вход которого дополнительно подается сигнал основной регулируемой величины t_0 , а выход УКВВ подключен ко входу основного регулятора конечного впрыска, что позволяет выделить в чистом виде наиболее опасное крайнее внешнее возмущение f_2 и настроить УКВВ на оптимальную отработку этого возмущения, существенно улучшив качество регулирования на данной нагрузке.

При больших изменениях нагрузки на выходной пароперегреватель (например, при больших топочных возмущениях) регулирующий клапан РК2

"выходит на концевик", а датчик положения ДП фиксирует его 100% открытие. Однако если регулируемая величина t_0 остается выше номинального заданного значения, то в этом случае выход датчика положения ДП включает датчик типа люфт (ДТЛ), выход которого корректирует задание регулятору первого впрыска, который дополнительно открывает регулирующий клапан РК1 на такую величину, чтобы сложившись с максимальной величиной расхода выходного впрыска, привести выходную величину t_0 к заданному значению. После чего регуляторы вновь начнут работать в автономном режиме.

Таким образом добавление в типовую схему математической модели инерционного участка, УКВВ и ДТЛ совместно с УКПДН обеспечивают существенное качество регулирования температуры пара за котлом в широком диапазоне изменения нагрузок.

Литература

1. Hagglund, T., Aström, K.J. A frequency domain approach to adaptive control // 11 th IFAC World Congress, Tallin August 13-17, 1990. Vol.4. - P.265-276.
2. Кулаков, Г.Т. Инженерные экспресс-методы расчёта промышленных систем регулирования. Спр. пособие. - Мн.: Выш. школа, 1984.-192с.
3. Кулаков, Г.Т. Анализ и синтез систем автоматического регулирования: Учеб. пособие. / Г. Т. Кулаков. – Мн.: УП "Техно-принт", 2003. – 135 с.

Реструктуризация тепловых нагрузок ОАО "Нафтан"

Романюк В.Н., Бычковский А.В., Савко М.М.

Белорусский национальный технический университет

Предприятия нефтехимической отрасли РБ построены во времена дешевого топлива и этим обусловленного перерасхода энергоресурсов. Они ориентированы на производственные нефтяные мощности и сырьё государства, значительно большего масштаба, нежели РБ. Предприятие ОАО "Нафтан" спроектировано в 70-е годы по технологической схеме топливного варианта нефтеперерабатывающего завода. В ходе ряда реконструкций проеденных на предприятии, достигнуты современные стандарты технологических процессов переработки нефти. При этом глубина переработки нефти на ОАО "Нафтан" приближается к 90%. В дальнейшем необходимо максимально снизить производственные затраты при переработке нефти, прежде всего, энергетическую составляющую. Построение теплоэнергетической системы предприятия (ТЭС ПП) по ряду причин не полностью отвечает современным требованиям. Усугубляет ситуацию и то, что объёмы переработки нефти в настоящее время на заводе в 2 раза ниже установленных мощностей.

На заводе используется первичные энергоресурсы трёх видов: природный газ, нефtezаводской газ и мазут. Суммарное годовое потребление топлива за 2005 г. на предприятии составило около 1 миллиона тонн условного топлива. Используются оно главным образом в технологических печах. ОАО "Нафтан" потребляет четыре вида преобразованных энергоресурсов собственной генерации и поставляемых внешними источниками. Последние приобретаются у энергосистемы: тепловая энергия (20%) от ТЭЦ (пар 40 и 16 ата), электроэнергия (69%), при этом на ТЭЦ генерируется на тепловом потреблении ОАО "Нафтан" 20% , на КЭС — 49%. Доля собственной выработки ТЭ составляет ≈80%, ЭЭ — 31%.

Собственные источники ТЭ можно разбить на две группы: утилизационные, использующие ВЭР и тепловые, в том числе мазут и когенерационные на базе газотурбинной установки (КГТУ). Суммарная электрическая мощность установленных

газовых турбин составляет 38 МВт, вырабатывается на КГТУ пар 11 ат. Экономическая целесообразность КГТУ для предприятия понятна и оценивается прибылью 12 млн. USD в год., энергетическая целесообразность в увеличении выработки электроэнергии на том же тепловом потреблении с 215 до 650 кВт·ч/Гкал.

Новый подход к энергообеспечению ОАО "Нафтан", выразившийся в максимальной утилизации различных ВЭРов и собственной генерации ЭЭ на базе комбинированной выработки доказал эффективность. Этим объясняется стремление предприятия развивать последнее направление. Оно стимулируется постоянным ростом цены на энергоносители и жёсткой конкуренцией на рынке переработки нефти.

Основная собственная выработка пара ОАО "Нафтан" приходится на ВЭР двух теплотехнологических установках "Серная кислота" (вырабатывается 75 т/ч пара, 37 ата), "АВТ-6" (31 т/ч, 13 ата). На КГТУ, введенной в 2000 году, генерируется 80 т/ч давлением 11 ата.

Установка "Серная кислота" имеет утилизационное оборудование, обеспечивающее генерацию пара, с параметрами приемлемыми для относительно эффективного использования его в паротурбинном цикле, что достигается за счет прямого дожига горючих ВЭР. Анализ варианта повышения эффективности за счет увеличения начальных параметров пара путем дополнительного сжигания топлива на КУ показал его неэффективность: даже в случае установки ПТ с противодавлением имеет место большой удельный расход топлива на выработку ЭЭ – 300-320 г у.т./кВтч, против 215-230 г у.т./кВтч, имеющих место в варианте без дополнительного сжигания.

На других двух перечисленных установках для достижения приемлемой эффективности генерации ЭЭ потоком пара необходима реконструкция КУ с целью выработки пара более высоких параметров. Если на КГТУ энергии выхлопных газов достаточно для выработки 60 т/ч пара с давлением 80 ата, то на АВТ-6 требуются дополнительные источники энергии для выработки 45 т/ч пара давлением 45 ата. Таковыми могут быть:

а) прямое сжигание топлива;

б) дымовые газы от ГТУ, которые используются для повышения параметров пара, генерируемого КУ за технологической печью.

В варианте с ГТУ дымовые газы целесообразно использовать так же в качестве окислителя в печах АВТ-6, где традиционно используется холодный воздух при часовом потреблении условного топлива в количестве 35 тонн. Наиболее рациональный переход на рекуперацию энергии уходящих газов для подогрева окислителя в сложившихся компоновках и условиях невозможен.

Специалисты ОАО "Нафтан" понимают роль и положение Новополоцкой ТЭЦ и необходимость рассмотрения дальнейших шагов по улучшению экономического положения предприятия с учетом ее интересов. Это объясняет ориентацию предприятия на использование собственных когенерационных установок на базе ТЭ с носителями, которые не могут быть получены из отборов турбин ТЭЦ (дымовые газы и пар высоких давлений).

Актуально также достижение наибольшей системной эффективности возможных решений. Одним из вариантов может быть применение конденсационных паровых турбин вместо противодавленческих, использующих пар от КУ. В этом случае неизбежна передача на соответствующие отборы турбин ТЭЦ тепловой нагрузки по пару до 120 т/час. При этом возможны различные варианты, имеющие существенно различные результаты эффективности.

Установка конденсационной паровой турбины мощностью 17 МВт на потоке пара, полученном при утилизации тепла ВЭР на площадке "Серная кислота", позволяет на Новополоцкой ТЭЦ за счет передачи паровой нагрузки дополнительно выработать около 10 МВт с удельным расходом топлива на отпуск ЭЭ – 198 г/кВт·ч. Годовая экономия условного топлива от такой реструктуризации нагрузок данной технологической установки оценивается порядком 30 тысяч тонн. При установке противодавленческой турбины на том же потоке пара рассматриваемой площадки, этот показатель имеет порядок 10 тысяч тонн.

На площадке КГТУ целесообразна установка турбины с противодавлением. Удельный расход топлива на отпуск ЭЭ в таком парогазовом цикле составит около 215 г/кВт·ч, совокупная го-

довая экономия топлива – около 38 тыс. т у.т. Парогазовый цикл с конденсационной ПТ на этой площадке характеризуется удельным расходом топлива 300 г/кВт·ч и годовой экономией условного топлива 18 тысяч тонн.

Сопоставление различных типов ПТ устанавливаемых на площадке "АВТ-6" с учетом, приведенных выше, различных вариантов увеличения параметров пара, позволило сделать следующий вывод. Наибольшую эффективность имеет вариант с использованием дымовых газов от ГТУ в качестве окислителя в технологической печи и в модернизированном КУ на интегрированном потоке ДГ печи и части газов ГТУ, в сочетании с установкой конденсационной ПТ на потоке пара. Эксергетический КПД данной установки оценивается величиной порядка 65%. Годовая экономия условного топлива в стране составит около 54 тыс. т у.т., из которых более 28 тыс. т у.т. обеспечиваются переходом на иной окислитель топлива печи, 8 тыс. т у.т. – экономия от комбинированной выработки ЭЭ на паровом потоке, переданном на Новополоцкую ТЭЦ, остальные 16 тыс. т у.т. – на квази парогазовом цикле, использующем энергию уходящих газов печи и часть выхлопных газов ГТУ. Варианты применения ГТУ только для повышения параметров пара и использования его с конденсационной или с противодавленческой паровыми турбинами без замещения воздуха в технологической печи имеют соответственно эксергетические КПД 28% и 31% и приводят к экономии условного топлива в стране – 27 и 48 тыс. т у.т. Вариант с прямым сжиганием топлива для повышения параметров пара в сочетании с конденсационной турбиной наименее эффективен: эксергетический КПД равен 24%, годовая экономия топлива в стране составит 30 тыс. т у.т.

Реализация наиболее эффективных вариантов реструктуризации тепловых нагрузок всех трёх площадок увеличивает суммарную электрическую мощность энерготехнологического комплекса ОАО "Нафтан" в пределах 80-100 МВт. Одновременно по отношению к существующей возрастает постоянная теплофикационная нагрузка Новополоцкой ТЭЦ на величину, обеспечивающую увеличение потока ЭЭ на 13-26 МВт в зависимости от варианта. Соответственно снижение годового импорта первичных энергоресурсов в страну составит от 62 до 93 тыс. т у.т.

Энергетическое строительство

Водогрейный котел-камин долговременного горения для систем водяного отопления индивидуального дома

Покотилов В.В.

Белорусский национальный технический университет

Теплоснабжение инженерных систем жилого дома может обеспечиваться либо только основным источником теплоты, либо за счет комплексного использования основного и дополнительных источников энергии. Номинальная мощность при использовании основного источника теплоты $Q_{КОТ.1}$, Вт, предназначенного для обеспечения только отопительной тепловой нагрузки, соответствует расчетной мощности системы отопления

$$Q_{КОТ.1} = Q_{ОТ}, \quad (1)$$

где $Q_{ОТ}$ - расчетная мощность системы отопления, Вт;

Номинальная мощность источника теплоты $Q_{КОТ.1}$, Вт, предназначенного для обеспечения совместной тепловой нагрузки отопления и горячего водоснабжения выбирается по наибольшей из нагрузок на отопление или горячее водоснабжение. Неустойчивыми в течение отопительного сезона дополнительными теплоисточниками следует считать дополнительные к основному источнику печи и камины, в том числе водогрейные, солнечную энергию, ветровую энергию, энергию наружного воздуха, используемую при помощи тепловых насосов. В этом случае номинальную мощность основного источника теплоты следует принимать также в соответствии с выражением (1).

Устойчивыми в течение отопительного сезона дополнительными теплоисточниками следует считать утилизируемую энергию удаляемого вентиляционного воздуха, утилизируемую энергию канализационных сбросов, энергию грунта, используемую при помощи тепловых насосов. В этом случае номинальную мощность основного источника теплоты следует определять по формуле

$$Q_{КОТ.1} = Q_{КОТ.1} - 0,8 \cdot \sum Q_{ДОП}, \quad (2)$$

где $Q_{КОТ.1}$ - номинальная мощность источника теплоты, Вт;

$\sum Q_{ДОП}$ - суммарная расчетная тепловая мощность дополнительных теплоисточников, Вт.

На рисунках 1, 2 и 3 показаны варианты экономичных квартирных систем теплоснабжения, реализованных при отоплении индивидуальных домов.

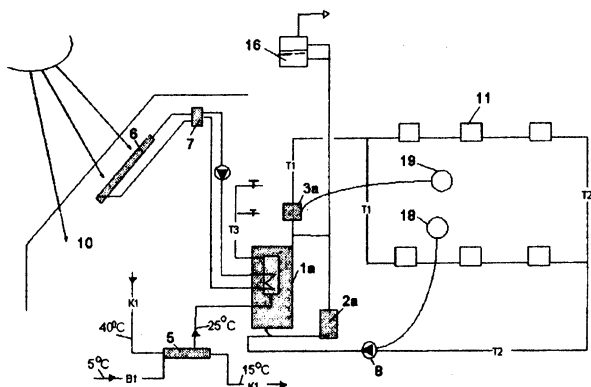


Рис.1. Схема квартирной системы теплоснабжения при мощности системы отопления до 15 кВт с напорным баком - аккумулятором емкостью 400 литров в подвале дома

Система рассчитана на "частичную" естественную циркуляцию (30 % мощности) с 2-х позиционным регулированием температуры воздуха регулятором 18, управляющим включением насоса 8. "Зарядка" аккумулятора 1а происходит в периоды выключения насоса. Дровяной котел-камин 2а протапливается периодически в удобное для пользователя время до любой температуры теплоносителя (не более 95 °С). Электрический котел включается на период длительного отсутствия пользователя.

В качестве основного источника теплоты на схеме рис.2 показан водогрейный дровяной камин 2 мощностью до 30 кВт с естественной циркуляцией теплоносителя. Ограничитель температуры 12 прямого действия изменяет расход воды таким образом, чтобы температура на выходе из камина была не ниже 70°С. "Топка" камина производится с любой удобной для пользователя периодичностью. Газовый котел подключается к нагреванию воды автоматически при недостаточной теплопроизводительности бака-аккумулятора или при продолжительном отсутствии пользователя. Тепловыделения и солнечная энергия (через окна) используются за счет индивидуальных терморегу-

ляторов. Годовая величина замещения основных источников теплоты составляет от 25 до 60 %.

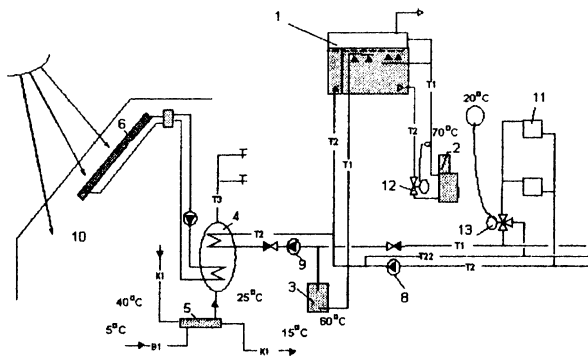


Рис.2. Схема квартирной системы теплоснабжения при мощности системы отопления до 40 кВт при расположении безнапорного бака-аккумулятора емкостью 3 м³ на чердаке дома

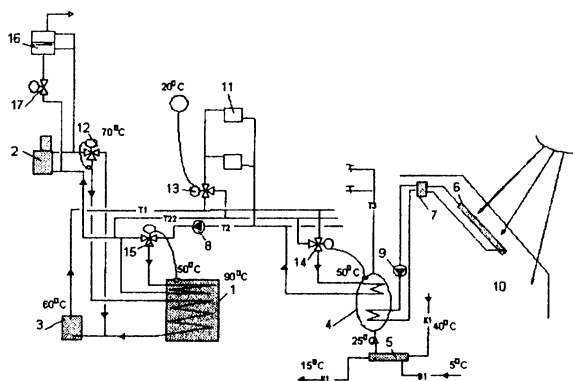


Рис.3. Схема квартирной системы теплоснабжения при мощности системы отопления более 40 кВт при расположении безнапорного бака-аккумулятора емкостью 3 м³ в подвале дома
 1а - бак-аккумулятор напорный 400 литров; 1 - бак-аккумулятор безнапорный до 3,0 м³; 2а - котел дровяной водогрейный до 30 кВт; 2 - камин водогрейный (или печь-котел) до 30 кВт; 3а - котел электрический 5 кВт; 3 - котел газовый 20 кВт; 4 - бойлер

двухконтурный 300 л; 5 - теплообменник-утилизатор теплоты канализационных вод от умывальников, ванн, и т.п.; 6 - гелиоколлектор горячего водоснабжения 6м²; 7 - гидравлический разделитель 30 литров; 8 - циркуляционный насос; 9 - циркуляционный насос; 10 - неотапливаемый "зимний сад"; 11 - система низкотемпературного отопления; 12 -ограничитель температуры; 13 - клапан 3-ходовой с выносным датчиком и задатчиком (разделительный приспособленный); 14 -клапан 3-ходовой с выносным датчиком; 15 - клапан 3-ходовой с выносным датчиком, переключающий режимы "зарядки-разрядки"; 16 - расширительный бак с трубой сброса пара; 17 - клапан с двухпозиционным термомотором; 18 - регулятор температуры электронный; 19 - регулятор температуры электронный.

Гелиосистема и утилизатор теплоты канализационных вод практически круглогодично возмещают тепловую потребность на горячее водоснабжение.

На рис.4 показан общий вид и разрез водогрейного котла-камина мощностью 35кВт, испытания которого подтвердили его проектные показатели. В отличие от аналогов, камин имеет конвективную часть с дымооборотом, равномерное щелевое распределение вторичного воздуха в топке и отдельную загрузочную дверку с кассетной дровяной камерой на 100л дров.

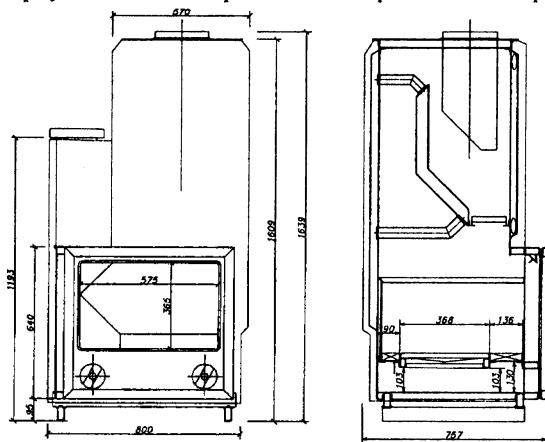


Рис.3. Общий вид и разрез водогрейного котла-камина долговременного горения мощностью 35кВт

К вопросу применения энергоэффективных технологий в системах транспорта газа

Копко В.М., Качан С.А., Кравцов В.И.

Белорусский национальный технический университет

Для утилизации потенциальной энергии природного газа на газораспределительных станциях (ГРС) возможно применение комбинированных энергетических установок (КЭУ) в составе турбодетандерных агрегатов (ТДА) [1] и тепловых двигателей, сбросная теплота которых используется для подогрева расширяемого газа.

Наиболее экономично в составе КЭУ использовать газопоршневые агрегаты или контактные ПГУ [2] с полным энергетическим впрыском получаемого в котле-утилизаторе пара в камеру сгорания. КПД таких тепловых двигателей можно оценить на уровне 40 ... 43%, а КЭУ в целом – около 90% и даже выше [3].

На территории Беларуси действует более сотни ГРС, расход газа на которых в зависимости от требований потребителей составляет от нескольких сотен грамм до десятков килограмм в секунду и изменяется в течение суток и в годовом разрезе. С учетом зависимости удельных капитальных вложений в агрегаты КЭУ от их единичной мощности технико-экономически минимальная величина расхода газа через ГРС была оценена на уровне 20 тыс. $\text{нм}^3/\text{ч}$.

В случае подогрева газа только перед расширением в зависимости от степени понижения давления π_r оптимальная температура перед ТДА составляет $t_1^{\text{TDA}} \approx 65 \dots 100^\circ\text{C}$. При высоких значениях π_r возможно применение ТДА из двух групп ступеней с промежуточным подогревом газа. С учетом неравномерности потребления газа при среднем его расходе более 100 тыс. $\text{нм}^3/\text{ч}$ обоснованным может быть установка нескольких агрегатов.

Удельные капитальные вложения можно оценить на уровне 750 ... 550 $\$/\text{кВт}$ для мощности КЭУ менее 1 МВт и более 5 МВт соответственно.

Из анализа проведенных расчетов следует, что суммарная мощность КЭУ, возможных для установки на ГРС Республики, составляет не менее 50 ... 60 МВт. При этом на наиболее крупной Новолукомльской ГРС обоснованным может быть применение контактной ПГУ.

Срок окупаемости предлагаемых КЭУ при их установленной мощности более 3 МВт не превышает 7 ... 8 лет. При этом значение удельного расхода топлива на выработку электроэнергии в зависимости от величины подогрева газа перед расширением находится в диапазоне $b_{\text{КЭУ}} = 135 \dots 165$ кг у.т./ (МВт·ч), что отвечает электрическому КПД КЭУ $\eta_{\text{КЭУ}} \approx 0,75 \dots 0,9$ при $t_1^{\text{ТДА}} = 100 \dots 65^\circ\text{C}$ соответственно.

Повышение начальной температуры газа перед ТДА приводит к некоторому увеличению срока окупаемости установок, однако при этом получаемая экономия топлива в энергосистеме и, соответственно, суммарная за расчетный срок эксплуатации прибыль возрастает.

Анализ результатов проведенных расчетов показывает, что внедрение на ГРС ТДА с огневым подогревом газа окупается быстрее, чем КЭУ, однако при этом величина вырабатываемой электроэнергии и суммарная прибыль за расчетный срок эксплуатации (чистый дисконтируемый доход) снижается почти вдвое.

Литература

1. Степанец, А.А. Энергосберегающие турбодетандерные установки / Под ред. А.Д.Трухня. – М: 000 «Недра–Бизнесцентр», 1999. – 258 с.
2. Кривуца, В.А., Кучеренко, О.С., Дудкина, И.Н. Параметрический анализ термодинамического цикла КГПТУ «Водолей» / Известия инженерных наук Украины. НПП «Машпроект» 45 лет. Выпуск 1/1999. – с. 155 – 159.
3. Качан, А.Д., Копко, В.М., Качан, С.А., Копко, М.В., Кравцов, В.И. Общий анализ системной эффективности применения комбинированных установок для газораспределительных станций // Изв. вузов и энергетических объединений СНГ. Энергетика. – 2004. – № 3. – С. 52 – 58.

**Пути снижения стоимости
внутридомовых систем газоснабжения**

Артихович В.В., Титова Т.В., Титов А.С.

Белорусский национальный технический университет

Расчет внутридомовых систем газоснабжения 7-9-этажных жилых домов показывает, что на ближайших к вводу стояках остается неиспользованным перепад давления порядка 100-200 Па (из 540 Па), т.к. наименьший диаметр используемых труб составляет 15 мм. Избыточное давление приходится гасить кранами у газоиспользующих приборов. Возникла идея использовать этот перепад давления путем снижения диаметра труб, и тем самым снизить металлоемкость и стоимость всей системы.

Кроме того, в настоящее время большое количество газоиспользующего оборудования, устанавливаемого у потребителя, поступает к нам из европейских стран. Однако номинальное давление природного газа перед приборами в Беларуси отличается от европейского: если в Европе оно составляет 2 кПа, то у нас – 1,2 кПа. В некоторых случаях давление газа может оказаться еще ниже, что для потребителей означает уменьшение тепловой нагрузки используемого аппарата. Таким образом, для эксплуатации такого оборудования в наших условиях требуется определенная его переналадка.

В данной работе делается попытка учесть все вышеперечисленные проблемы и предлагаются следующие решения:

1) необходимо повысить давление газа на выходе из ГРП с 3 до 5 кПа, а давление перед газоиспользующими приборами – с 1,2 до 2 кПа в соответствии с европейскими стандартами (тем более, что в жилых домах согласно действующим нормам [1] давление газа в газопроводах внутридомовой системы допускается до 3 кПа). Тогда расчетный перепад давления для всей системы (наружных и внутридомовых газопроводов) составит $\Delta P_p = 3$ кПа, из которых 2 кПа приходится на распределительные внутриквартирные газопроводы и 1 кПа на внутридомовые газопроводы;

2) для использования повышенного располагаемого давления во внутридомовой системе необходимо применять трубы диаметром меньше 15 мм.

Однако в связи с отсутствием таблиц и номограмм для определения удельных потерь давления и эквивалентных длин для труб таких диаметров возникла необходимость найти данные параметры, используя рабочие формулы для гидравлического расчета газопроводов. Для этого определялось число Рейнольдса:

$$Re = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot d \cdot \nu \cdot 3600}, \quad (1)$$

и по нему выявлялся режим движения газа.

Использовались следующие формулы для определения удельных потерь давления R , Па/м, и эквивалентных длин $l_э$, м, в газопроводах низкого давления:

1) для ламинарного режима течения, характеризуемого числом Рейнольдса $Re \leq 2000$ и $\lambda = 64/Re$:

$$R = 115420 \cdot \frac{V_H}{d^4} \cdot \rho_H \cdot \nu_H; \quad (2)$$

$$l_э = 5,5 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{V_H}{\nu_H}, \quad (3)$$

2) для критической области течения при $Re = 2000 - 4000$ и $\lambda = 0,0025 \sqrt[3]{Re}$:

$$R = 0,0526 \cdot \frac{V_H^{2,333} \cdot \rho_H}{d^{5,333} \cdot \nu_H^{0,333}}; \quad (4)$$

$$l_э = 12,15 \cdot \frac{d^{1,333}}{V_H^{0,333}} \cdot \nu_H^{0,333}, \quad (5)$$

3) для турбулентного режима течения $Re > 4000$ и $\lambda = 0,11(K_э/d + 68/Re)^{0,25}$:

$$R = 7 \cdot \left(\frac{k_э}{d} + 1922 \cdot \frac{\nu_H \cdot d}{V_H} \right)^{0,25} \cdot \frac{V_H^2}{d^5} \cdot \rho_H; \quad (6)$$

(7)

$$l_э = \frac{d}{11 \cdot \left(\frac{k_э}{d} + 1922 \cdot \frac{\nu_H \cdot d}{V_H} \right)^{0,25}},$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления; V_H – объемный расход газа, приведенный к нормальным физическим условиям, м³/ч; ν_H – кинематическая вязкость газа при нормальных физических условиях, м²/с; $\nu_H = 14,3 \cdot 10^{-6}$ м²/с; $k_э$ – абсолют-

ная эквивалентная шероховатость внутренней поверхности стенки трубы, см, принимается: для стальных труб 0,01 см; d - внутренний диаметр трубопровода, см; ρ_n - плотность сухого газа при нормальных физических условиях, кг/м^3 : $\rho_n = 0,73 \text{ кг/м}^3$.

Результаты расчетов сведены в таблицу, по данным которой построены номограммы, приведенные на рис. 1.

Полученные значения R и l_3 использовались для гидравлического расчета внутридомовых систем при:

- 1) нормируемом расчетном перепаде давления в 600 Па;
- 2) повышенном перепаде давления в 1000 Па.

Были рассчитаны внутридомовые системы газоснабжения для нескольких 7-9-тиэтажных жилых зданий. В кухнях квартир приняты устанавливались газовые плиты «Гефест» модели 3100 и счетчики мембранные G1,6 (производство завода имени Вавилова).

Расчет внутридомовых систем газоснабжения выполнялся по методике, приведенной в [2]. Результаты проведенных расчетов показывают, что при нормальном присоединительном давлении основные диаметры газопроводов ближних к вводу стояков составляют 12, 15 мм, а при повышенном давлении – 8,10,12,15 мм. При этом металлоемкость внутридомовой системы газоснабжения снижается: в первом случае на 3...4 %, а во втором – на 21...25 %.

Таким образом, увеличение давления перед газовыми приборами и располагаемого перепада давления внутридомовой системы газоснабжения приводит к необходимости применения меньших диаметров труб, что значительно снижает металлоемкость и стоимость систем.

Литература

1. СНБ 4.03.01-98 Газоснабжение. Мн., 1999. – 94 с.
2. Ионин, А.А. Газоснабжение. М.: Стройиздат. – 1989. – 439 с.

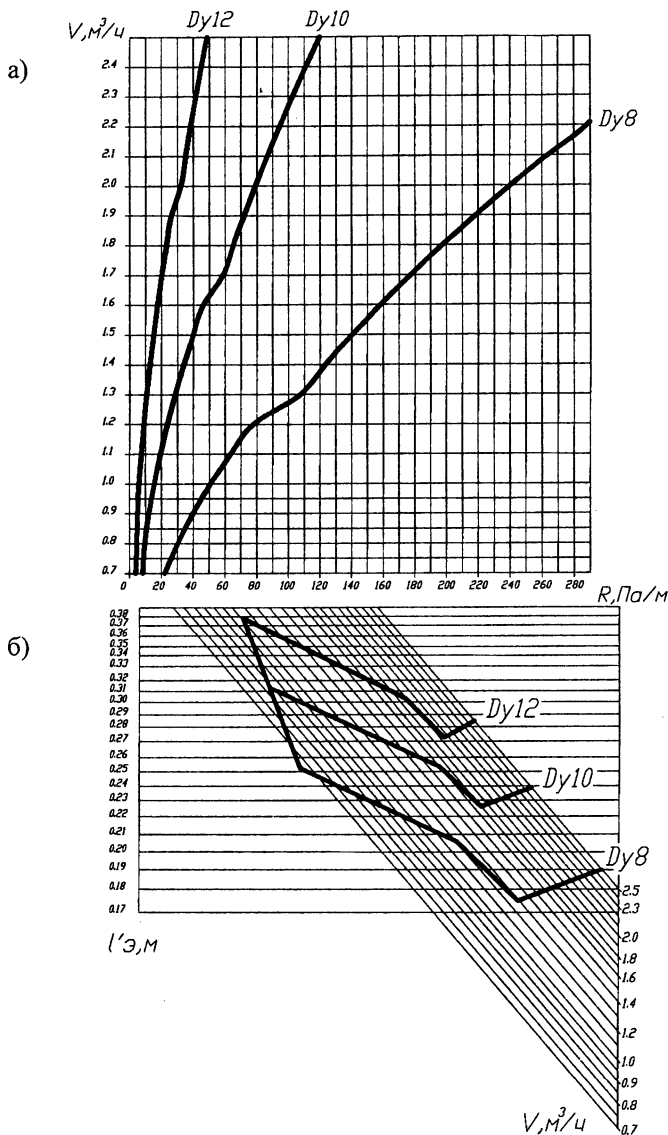


Рис. 1. Номограммы для расчета газопроводов низкого давления ($\rho_H=0,73 \text{ кг/м}^3$): а) для определения удельных потерь давления, Па/м; б) для определения эквивалентных длин, м

**Современное состояние и перспективы
развития и модернизации
тепловых сетей в Республике Беларусь**

Пшоник М.Г.

Белорусский национальный технический университет

Беларусь – страна с высоким уровнем централизованного теплоснабжения (ЦТ). Любая система ЦТ состоит из трёх основных элементов: источник тепла, тепловая сеть, потребитель. Преобладающим способом прокладки тепловых сетей является прокладка в непроходных каналах с минераловатной тепловой изоляцией. Из-за увлажнения применяемых материалов в процессе эксплуатации теплозащитные свойства теплоизоляционных конструкций резко снижаются, что приводит к потерям теплоты, в 2-3 раза превышающим нормативные. Это является серьезнейшей проблемой.

В течение последних лет в Беларуси значительно активизировалась деятельность по экономии топливно-энергетических ресурсов, поскольку собственными источниками энергии республика не может себя обеспечить.

Для современного общества потребление теплоты для коммунально-бытовых нужд является преобладающим, в РБ на это расходуется значительная часть топлива.

Теплоснабжение всех потребителей осуществляется от теплоисточников концерна «Белэнерго», промышленных отопительно-производственных котельных, котельных МЖКХ, сельского хозяйства и др. В 14 городах функционируют централизованные системы теплоснабжения от ТЭЦ с тепловой нагрузкой от 100 до 2050 Гкал/ч и в 20 городах - от районных котельных с нагрузкой потребителей от 10 до 320 Гкал/ч.

Для теплоснабжения потребителей задействованы 21 ТЭЦ и 4 мини-ТЭЦ суммарной тепловой мощностью 8900 Гкал/ч, 36 котельных суммарной тепловой мощностью 9000 Гкал/ч. Доля ТЭЦ в производстве тепловой энергии в РБ на сегодняшний день составляет порядка 40 %. Источники тепла и соответствующие теплопроводы находятся в государственной собственности.

Крупнейшим подразделением Министерства энергетики Республики Беларусь является концерн «Белэнерго». На его примере можно абсолютно достоверно проанализировать современное состояние систем теплоснабжения.

Сведения о протяженности тепловых сетей различного назначения и сроках их службы по состоянию на 2004 г. приведены в таблице 1.

Таблица 1

Всего теплосетей, км (%)						
Всего на балансе	в том числе находятся в эксплуатации с момента ввода					
	до 5 лет	от 5 до лет	от 10 до 15 лет	от 15 до 20 лет	от 20 до 25 лет	свыше 25 лет
4851,0	595,7	878,7	916,7	803,3	726,1	930,5
100 %	12,3	18,1	18,9	16,6	15,0	19,2

Анализ данных показывает, что в 2003 г., после принятия специального Постановления об использовании в Беларуси при новом строительстве *только* ПИ-труб, протяженность тепловых сетей возросла на 98,1 км, из них ПИ-трубы – 33,1 км (из имеющихся 86,3 км). Учитывая, что значительная часть теплопроводов (19,2 %) находится в эксплуатации выше нормативного срока (25 лет), такие темпы прокладки предизолированных труб недостаточны для эффективного функционирования тепловых сетей.

В Беларуси разработана программа строительства новых и модернизации тепловых сетей на период до 2020 г. В таблице 2 приведены прогнозные данные по внедрению ПИ-труб при строительстве и модернизации действующих тепловых сетей.

Таблица 2

Развитие тепловых сетей на период до 2020 г.

Наименование	Ед. · изм.	2005- 2006	2007- 2010	2011- 2015	2016- 2020
Строительство	км	17	30	35	35
Реконструкция, модернизация	км	46	75	85	105

Предполагается к 2025 году внедрить ~ 590 км ПИ-труб при реконструкции существующих тепловых сетей и новом строительстве, что будет составлять 12 % от общей протяженности тепловых сетей, находящихся в настоящее время на балансе концерна "Белэнерго".

В целях повышения надежности и эффективности функционирования тепловых сетей, приемки дополнительных тепловых нагрузок, подключения новых потребителей, сокращения тепловых потерь, сокращения затрат на ремонты и обслуживание предусматривается применение предизолированных труб для бесканальной прокладки и систем оперативной диагностики влажности теплоизоляции, современных типов компенсаторов и запорной арматуры. Среди крупных проектов, например, планируется строительство протяженных магистралей в Бресте для обеспечения передачи нагрузок от угольной ТЭЦ, переходы через реки в Могилеве, Витебске и Гродно с передачей тепловых нагрузок крупных жилых районов от существующих котельных на ТЭЦ и ввод ряда магистралей в Минске для обеспечения новых микрорайонов. Предусматривается модернизация и развитие тепловых сетей с ежегодным снижением износа на 1,0 -- 1,5 процента и ежегодной заменой 190-200 км трубопроводов тепловых сетей.

За счет реализации этой программы будет достигнуто снижение расхода теплоты на транспорт тепловой энергии в объеме

25,5 тыс. Гкал в год и снижение износа тепловых сетей с 77,5 процента в 2005 году до 60,1 процента в 2010 году.

Выводы:

1. Комбинированная выработка электроэнергии и теплоты является одним из приоритетных направлений развития мировой энергетики на ближайшую перспективу. Следовательно, стратегическим направлением развития теплоснабжения в республике должно быть увеличение доли комбинированной выработки теплоты и электроэнергии на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ) как наиболее эффективного способа использования топлива.

2. Именно в системах теплоснабжения сконцентрированы основные резервы экономии энергоресурсов, так как с учетом низкого качества теплотрасс, теплообменных аппаратов и резко переменных нагрузок потери в отдельных системах иногда достигают 50%.

3. Приоритетным направлением энергосбережения в тепловых сетях является модернизация действующих теплопроводов с использованием предизолированных труб, обеспечивающая потери теплоты на уровне 2% даже при прокладке в увлажненных грунтах, с нормативным сроком службы до 25-30 лет.

4. Учитывая, что существующие системы централизованного теплоснабжения формировались на протяжении многих лет и при относительно низких ценах на топливо, понятно, что они не могут быть модернизированы и адаптированы в короткие сроки для работы в новых экономических условиях.

5. Темпы прокладки предизолированных труб недостаточны для эффективного функционирования тепловых сетей.

6. В крупнейшем вузе республики БНТУ необходимо использовать все способы обучения для глубокого ознакомления студентов с ПИ-трубами (создать видеотеку, сделать несколько демонстрационных стендов, включить в вопросы проектирования систем теплоснабжения расчеты ПИ-теплопроводов не только в дипломном, но и в курсовом проектировании). Это сдерживается отсутствием необходимой для расчетов литературы – следовательно, необходимо подготовить учебно-методическое пособие по проектированию предварительно изолированных труб.

Исследования вентиляционных систем зданий с совмещенными покрытиями

Протасевич А.М., Якимович Д.Д., Короткий В.Н.
Белорусский национальный технический университет

В жилых зданиях повышенной этажности, наряду с проектированием «холодных» и «теплых» чердаков, архитекторы вернулись к проектированию совмещенных покрытий. Здания с различными конструкциями покрытий имеют свои положительные и отрицательные стороны, в том числе и в плане работы систем вентиляции. В [1] изложены результаты обследований систем вентиляции зданий с «теплыми» чердаками.

Ряд серьезных проблем возникает и при эксплуатации систем вентиляции зданий с совмещенными покрытиями «ломаной» формы, в частности, в зданиях серии М 464-М. В зданиях указанной серии запроектированы трехкомнатные квартиры, оборудованные двумя санитарными узлами, расположенными на расстоянии 9 метров один от другого. Воздухоудаление из квартир осуществляется через два вентиляционных стояка. Внешний вид участка покрытия такого здания представлен на рисунке 1. Вентиляционный стояк №1 выходит вплотную к машинному отделению лифта, а вентиляционный стояк №2 выходит в средней части покрытия. Перепад высот между шахтами №1 и №2 составляет 3,67 метра. В зданиях установлены окна повышенной герметичности, ограничивающие неорганизованный приток наружного воздуха в помещения. В результате система вентиляции функционирует следующим образом: высокий вентиляционный стояк №1 удаляет воздух из квартиры, а низкий вентиляционный стояк №2 подает в помещения квартир холодный наружный воздух.

В десятиэтажном здании опрокидывание циркуляции наблюдается на всех этажах (включая первый), а скорость движения воздуха в стояке такова, что даже на нижних этажах из вентиляционных отверстий санузла №2 вылетал снег, захваченный опрокинутым воздушным потоком на кровле. В зимний период года стенки вентиляционных блоков стояка №2 на верхних этажах здания покрываются наледью. Объем поступления холодного наружного воздуха через эти вентиляционные отверстия достигал 160-

180 м³/ч. Если в санузле №2 квартиры включался вентилятор, то воздух, удаляемый им из санузла, поступал в квартиры, расположенные на нижележащих этажах здания. В случае открывания в квартире одного из окон, опрокидывание в системе вентиляции прекращалось. Однако, рассматривать вариант эксплуатации здания в холодный период года с открытыми окнами, как это предусматривается на стадии расчета систем вентиляции проектировщиками, неприемлемо.

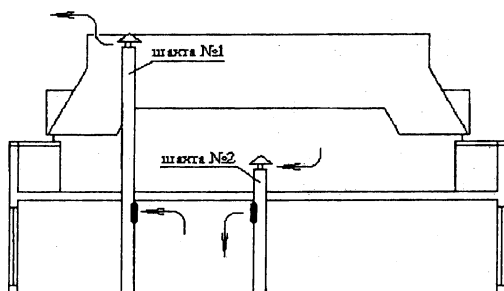


Рисунок 1. Внешний вид участка покрытия здания

Натурные измерения показали, что, перепад располагаемых давлений между шахтами №1 и №2, в проектом исполнении, составляет порядка 2Па при $t_n = +5^\circ\text{C}$, и возрастает до 4,6Па при $t_n = -10^\circ\text{C}$. Возможное увеличение высоты шахты №2, по архитектурным соображениям, не могло превышать 3 метров. Простое уменьшение перепада высот между шахтами, было не вполне оправданным, так как «ломаная» форма покрытия здания, при ветровом воздействии, создавала для обеих вентиляционных шахт различные аэродинамические условия. Для поиска путей нормализации работы системы естественной вытяжной вентиляции этого здания, были проведены экспериментальные исследования на моделях в аэродинамической трубе. Это позволило, наряду с гравитационной, учесть и ветровую составляющую в располагаемом давлении системы естественной вентиляции квартир. Исследования проводились при скоростях воздушного потока до 2,5 м/с для шахт различной высоты и формы

оголовков. В результате исследований зданий данной серии сделаны следующие выводы.

1. Увеличение на 2,5 метра высоты вытяжной вентиляционной шахты №2 позволяет минимизировать перепад давлений между шахтами №1 и №2 в достаточной мере для предотвращения опрокидывания циркуляции воздуха в шахте №2.
2. Дальнейшее увеличение высоты шахты №2 ведет к опрокидыванию (при ветровом воздействии) циркуляции в вентиляционной шахте №1.
3. Использование дефлекторов, в качестве оголовков вытяжных шахт нецелесообразно, так как приводит к увеличению перепада давлений между шахтами №1 и №2.
4. Для обеспечения достаточного притока наружного воздуха в помещения квартир, необходима разгерметизация оконных заполнений.
5. Система вентиляции остается чувствительной к скорости и направлению ветра, что приводит к попеременным резким снижениям производительности то одной, то другой вентиляционной шахты, особенно в квартирах, расположенных на верхних этажах здания, однако опрокидывание циркуляции в вентиляционных стояках прекращено.

Результаты исследований показали, что естественная вентиляция зданий со сложной формой кровли, приемлема в случае, когда в квартирах предусмотрен один санитарный узел и вентиляционные каналы санузла и кухни расположены рядом. Если кухня и санузел расположены на удалении один от другого, естественную вентиляцию зданий следует предусматривать с использованием «теплых» чердаков.

Литература

1. Протасевич, А.М. и др. Исследования вентиляционных систем верхних этажей зданий с «теплыми» чердаками. // Материалы Третьей международной научно-технической конференции. Том 1. – Мн., 2006. - с. 111-113.

**Информационные
технологии
и автоматизация**

Имитационная модель следящего привода промышленного робота

Тутунжи Ахмед, Шардыко П.П.

Белорусский национальный технический университет

Задача оптимизации систем воспроизведения движения прежде всего состоит в нахождении оптимальной передаточной функции системы, обеспечивающей наилучшее протекание переходных процессов. Для систем воспроизведения цель управления – воспроизведение рабочим органом задающего сигнала. Между задающим сигналом U_z и желаемым (задаваемым) значением выходной величины $S_{зад}$ имеет место соотношение $S_{зад} = LU_z$, где L - оператор цели управления.

Вследствие инерционности системы, наличие возмущений, изменение параметров действительная выходная величина S отличается от заданного значения. Разность между этими величинами составляет ошибку или рассогласование системы.

$$\Delta S = S_z - S.$$

Наибольшая ошибка имеет место в переходных процессах. При этом она может быть представлена в виде суммы двух составляющих $\Delta S = \Delta S_{зад} - \Delta S_{возм}$, где $\Delta S_{зад}$ - ошибка от задающего воздействия; $\Delta S_{возм}$ - ошибка от возмущающего воздействия.

Далее, мы рассмотрим повышение качества работы систем воспроизведения движения, за счет рационального построения управляющего устройства с учетом тех преимуществ, которые дает нам применение систем «преобразователь частоты – асинхронный двигатель».

За основу для синтеза системы воспроизведения движения была принята структура подчиненного управления. Регулятор положения реализуется программно, датчик положения - импульсный, установленный на валу двигателя.

Так как основным динамическим звеном объекта управления является интегрирующее звено p/p , то для оптимизации контура по модульному оптимуму необходимо применить П-

регулятор положения $K_{pm} = k_{pml}$. Предпочтительно выбрать статическую систему позиционирования, т.е. выбрать П-регулятор скорости и П-регулятор положения. Однако, в этом случае возможно появление статической ошибки позиционирования $\Delta S_{ст}$, величина которой будет превышать допустимую погрешность.

На основании изложенных предположений была составлена формула передаточной функции контура управления положением, сформулирована характеристика входа-выхода комбинированного регулятора и ее составляющих (рисунок 1), далее был произведен расчет переходных процессов в системе с использованием пакета прикладных программ "MATLAB", спроектирована имитационная модель системы позиционирования электропривода.

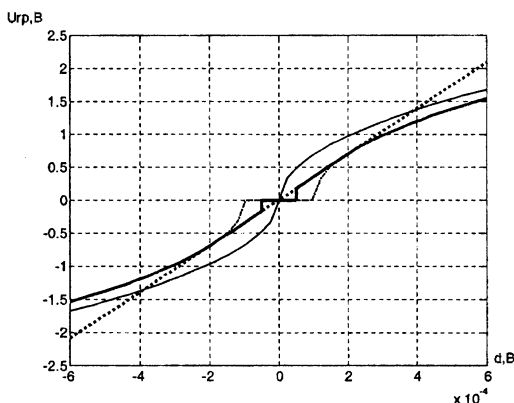


Рис. 1. Сформированная характеристика вход-выход комбинированного регулятора положения и ее составляющие

На разработанной модели рассчитывались переходные процессы позиционирования при обработке ступенчатого задающего воздействия $U_{зн} = 0,015 В$ - большое перемещение.

Обработка большого перемещения $S = 0,015 м$ при $U_{зн} = 0,1 В$ (рис. 4.5) выполняется: с разгоном двигателя за 0.08 с до номинальной скорости (при этом обрабатывается переме-

щение 0.004 м); с движением с постоянной номинальной скоростью на протяжении 0.08с (отрабатывается перемещение 0.008м); с торможением двигателя до остановки за 0.06с (отрабатывается перемещение 0.006м). На последнем участке управление по нелинейной характеристике регулятора происходит 0.05с, а работа по линейной характеристике регулятора и в зоне нечувствительности -0.01с. Позиционирование происходит без перерегулирования. Ошибка позиционирования не выходила за пределы зоны нечувствительности.

На основании проведенных работ были сделаны следующие выводы:

1. Выполненные исследования показывают, что для типичных позиционных механизмов целесообразно применять частотно управляемый асинхронный электропривод.

2. Систему воспроизведения движения целесообразно строить по принципу подчиненного управления. При этом за счет использования в преобразователе частоты высокочастотного ШИМ существенно возрастает быстродействие системы, коэффициент усиления пропорционального регулятора скорости и повышается точность воспроизведения движения.

3. Наибольшее быстродействие и точность позиционирования достигаются при применении регулятора положения с переменной структурой. Изложена методика синтеза системы воспроизведения движения при применении регулятора с переменной структурой.

4. Предлагается специальный простой блок автоматической настройки и диагностики регулятора положения с переменной структурой, который практически снимает проблему сложности и трудоемкости настройки такого регулятора.

5. Результаты синтеза системы воспроизведения движения для типичного позиционного механизма проверены путем моделирования. Результаты моделирования подтверждают высокое быстродействие и точность систем воспроизведения движения при применении регуляторов положения с переменной структурой, построенным по предлагаемым принципам.

**Систематизация показателей функционирования
производственных систем для их комплексного анализа
различными методами моделирования**

Новичихина Е.Р.

Белорусский национальный технический университет

В работе [1] предлагается концепция комплексного анализа производственных систем (ПС) одновременно несколькими, относительно простыми, универсальными, параметрически настраиваемыми моделями.

Встает вопрос выбора системы показателей функционирования ПС, в качестве исходных, промежуточных и выходных данных моделирующего комплекса.

С одной стороны система должна исчерпывающе описывать и характеризовать ПС, как объект технологии машиностроения, организации и планирования производства. С другой стороны, система должна обеспечивать возможность отдельного определения показателей различными методами моделирования с возможностью их согласования и обмена.

В работе [2] показано, что все анализируемые характеристики ПС, так или иначе, связаны с объемным балансом времени РП или изделия, а точнее – с долей полезной составляющей в нем.

Баланс РП j-го типа выглядит следующим образом:

$$T_{\text{вып}} = \Sigma T_{\text{зан}} + \Sigma T_{\text{о.р}} = \Sigma T_{\text{маш}} + \Sigma T_{\text{пр}} + \Sigma T_{\text{о.р}},$$

где $T_{\text{вып}}$ – время выполнения плановой программы выпуска и номенклатуры или годовой фонд рабочего времени оборудования, $\Sigma T_{\text{зан}}$ – суммарное время занятости РП выполнением заказов, $\Sigma T_{\text{о.р}}$ – суммарное время простоев РП в ожидании работы, $\Sigma T_{\text{пр}}$ – суммарное время простоев РП по различным причинам при наличие работы.

В свою очередь время занятости РП выполнением одного заказа (партии запуска):

$$T_{\text{зан}} = (T_{\text{маш}} + T_{\text{у.с}} + T_{\text{тр}}/Q_{\text{т}} + T_{\text{н}}/E_{\text{т.о}}) \cdot Q \cdot (1+B) + \Sigma T_{\text{снх}} + T_{\text{пер}} + \Sigma T_{\text{т.о}} + \Sigma T_{\text{о.о}} + \Sigma T_{\text{рем}} + \Sigma T_{\text{орг}},$$

где $T_{\text{у.с}}$ – неперекрываемая часть времени установки-снятия детали, $T_{\text{тр}}$ – неперекрываемая часть времени одного транспортирования, $Q_{\text{т}}$ – размер транспортной партии, $T_{\text{н}}$ –

неперекрываемая часть времени одной выдачи из накопителя, $E_{т.о}$ – емкость транспортной оснастки, Q – размер партии запуска, B – доля брака, $\Sigma T_{снх}$ – суммарное время простоев из-за отсутствия синхронизации (блокировки, голодания), $T_{пер}$ – неперекрываемая часть времени переналадки, $\Sigma T_{т.о}$ и $\Sigma T_{о.о}$ – суммарное время простоев при техническом и организационном обслуживании, $\Sigma T_{рем}$ – суммарное время простоев при ремонтах, $\Sigma T_{орг}$ – суммарное время организационных простоев.

Полезной составляющей в балансе выступает $T_{маш}$.

Такая форма представления баланса традиционна, имеет очевидный физический смысл, поддается прямому замеру (хронометражу и счету), наглядна (калькуляция).

Однако калькуляция не дает сопоставимой сравнительной оценки для разных ПС и разных РП в рамках одной ПС из-за их различия по $T_{вып}$. Кроме того, времена представлены на разных уровнях: одни относятся к каждой детали, другие – к содержимому транспортной оснастки, третьи – к транспортной партии, четвертые – к партии запуска, пятые – проявляются в течение всего периода функционирования. Статистический характер времен также различен (детерминированные, систематически изменяющиеся, чисто стохастические).

Поэтому для анализа потерь времени, а значит и выработки, удобно представить баланс в относительных единицах:

$$\Sigma K(i) = 1, \text{ или}$$

$$K_i + \Sigma K_{пр} + K_{о.р} = 1, \text{ или}$$

$$K_i + K_{у.с} + K_{тр} + K_n + K_{снх} + K_{пер} + K_{т.о} + K_{о.о} + K_{рем} + K_{орг} + K_{о.р} = 1,$$

где $K_{(i)} = \Sigma T_{(i)} / T_{вып} = (0,1)$ – интегральные коэффициенты нахождения РП в различных состояниях: работы (K_i) и простоев РП по различным причинам.

Такая система показателей с некоторыми вариациями (слиянием или расчленением коэффициентов) часто используется при полномасштабном моделировании ПС. В этом случае время моделирования $T_{мод}$ соответствует $T_{вып}$ или $T_{ф}$.

Однако и эта система показателей оказывается малоприменимой для концепции [1], когда различные простои определяются отдельно и разными методами моделирования. В этом случае интегральные коэффициенты не могут выступать в

качестве корректирующих поправок с обменом между моделями. С добавлением каждого нового учитываемого фактора увеличивается $T_{вып}$, а, следовательно, изменяются и все завязанные на него интегральные коэффициенты. Последние оказываются не автономными.

В нашем случае для сохранения сопоставимости и независимости от времени моделирования в установившемся режиме, поправки также должны оставаться показателями относительными. Однако, относительными не к переменной величине $T_{вып}$, а к какой-то детерминированной величине, присутствующей абсолютно у всех моделей. Т.е. нам необходимо перейти от коэффициентов типа «доля» в переменном целом к коэффициентам типа «довески» к постоянной основе. Такой основой может являться $T_{маш}$. Тогда поправочные коэффициенты будут выглядеть следующим образом:

$$K'(i) = \Sigma T(i) / \Sigma T_{маш},$$

где $K'(i) \geq 0$ – приведенные коэффициенты простоя РП по различным причинам. Физический смысл приведенного коэффициента: среднестатистическое время простоя по данной причине приходящееся на каждую единицу машинного времени работы РП.

Тогда баланс РП будет выглядеть следующим образом:

$$T_{вып} = \Sigma [T_{маш(k)} \cdot (1 + K'_{у.с} + K'_{тр} + K'_{н} + K'_{сн} + K'_{пер} + K'_{т.о} + K'_{о.о} + K'_{рем} + K'_{орг} + K'_{о.р}) \cdot Q_{(k)} \cdot (1 + B_{(k)})].$$

Литература

1. Новичихина, Е.Р. Концепция многомодельного параллельно-итерационного анализа производственных систем.
2. В кн.: Наука – образованию, производству, экономике: Материалы Третьей Международной научно-технической конф. / Ред. коллегия Б.М.Хрусталева, Романюк Ф.А., Калиниченко А.С. – Мн.: БНТУ, 2005. В 2 т. – Том 1. – С. 243 – 245.
3. Новичихина, Е.Р. Программный комплекс для моделирования производственных систем // Материалы научной конф. учащихся, студентов и аспирантов, посвященной 85-летию БНТУ. Минск, 15-17 ноября 2005 г. – Мн.: БНТУ, 2005. – с. 17-21.

Концепция программирования роботов методом обучения на графических твердотельных моделях

Новичихин Р.В., Курьян Д.Н., Дербан А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Область исследования – программирование промышленных роботов (ПР).

Объект исследования – ПР с позиционным и контурным управлением и аналитическим программированием.

Суть проблемы заключается в следующем.

ПР программируются либо методом обучения (запоминанием показа или команд с пульта) либо аналитически (написанием программы текстом).

Обучение просто и не требует навыков программирования, но сопряжено с простоями ПР во время наладки.

Аналитическое программирование автономно, но трудоемко, требует высокой квалификации, не наглядно, сопряжено с вероятностью ошибок.

Последние три недостатка устраняются в специализированных системах аналитического программирования и графического моделирования ПР. В них программы частично формируются, проверяются, отлаживаются и калибруются на трехмерных графических моделях ПР с анимацией. Однако процесс программирования продолжает оставаться трудоемким. В программе требуется задать значение абсолютных и/или относительных координат для каждой ключевой точки. Их нужно знать заранее (умозрительно представлять и вычислять), что сложно и долго, либо «снимать» с экранного изображения. Чтобы добиться нужного изображения, требуется опять таки пробный числовой ввод с последующей коррекцией, либо управление изображением при помощи физических или экранных устройств ввода. От этих устройств требуется адекватность и естественность интерпретации: многомерность, одновременность управления по нескольким координатам, кинематическая идентичность управляющих и воспроизводимых движений, сохранение масштаба. Этим требованиям отвечают только устройства типа «жоскелетон (облегченный макет манипулятора), но они очень

дороги. Применение остальных ведет к дополнительным затратам времени.

Цель разработки – упрощение и ускорение процесса программирования ПР.

Разработанная концепция базируется на аналогии с планированием движений человеком и на возможностях, предоставляемых современными САПР общего назначения (трехмерность, твердотельность, параметризация).

В самом деле, человек отлично ориентируется в окружающем пространстве и свободно манипулирует объектами, нисколько не нуждаясь в знании точного численного значения координат этих объектов и собственных. Достаточно, что он видит цель, процесс и результат. Точно так же, без труда он программирует ПР методом обучения принудительным показом. При этом оператор использует только визуальную обратную связь и, иногда, механический контакт с объектом или шаблоном. Ему не приходится перекодировать очевидную визуальную информацию в абстрактную числовую. Не нужно также заменять естественные моторные реакции неидентичными управляющими движениями.

Это предлагается использовать в разработанной концепции.

Текст управляющей программы ПР на выбранном языке программирования формируется автоматически в процессе обучения ПР принудительным показом. Однако, показ осуществляется не на реальном ПР, а на его трехмерной графической модели прямо на экране. Взятие запястья ПР рукой оператора и принудительное перемещение его в нужные положения имитируется захватом и протягиванием изображения курсором.

Для восприятия «физического» воздействия оператора виртуально, модель должна быть твердотельной, т.е. не допускать взаимного проникновения конструктивных элементов, обеспечивать нужные сопряжения с упругим контактом и сохранять кинематические связи всего манипулятора при перемещениях любого звена.

Для управления приводами необходимо знать требуемое текущее относительное положение звеньев. Эти значения автоматически снимаются с виртуальных датчиков, встроенных или временно накладываемых на каждую кинематическую пару.

Т.о. отпадает необходимость аналитического решения обратной задачи кинематики в явном виде. Расчеты заменяются прямым измерением штатными средствами универсальной САПР.

Имея такой обучаемый вручную но виртуальный ПР, мы объединяем преимущества методов программирования показом и аналитического, избавляясь одновременно от свойственных им недостатков.

Проблема отсутствия графических моделей требуемого оборудования или трудоемкости их разработки решается на основе принципов модульности и параметризации.

Структуру любого манипулятора и другого механизма окружения можно представить комбинацией модулей всего трех типов: звенья, вращательные и поступательные кинематические пары. В свою очередь каждый структурный модуль можно представить одним набором компоновочных элементов. Получаем унифицированные модули. Можно предложить и единожды разработать такую базовую конструкцию этих модулей, что любая конкретная конструкция будет получаться из базовой чисто параметрически. Это означает, что нужная трансформация модуля осуществляется автоматически, без программирования и рисования, путем задания с клавиатуры требуемых размеров по указанному измерению. Т.о. мы получаем универсальный конструктор для сборки прямо на экране любых структурных моделей. Причем не только ПР и любого другого периферийного оборудования (станков, приспособлений, накопителей, транспорта и т.д).

На рисунке 1 показан пример структурной модели ПР из унифицированных модулей.

В качестве инструмента создания структурных модулей используется САПР общего назначения. Это позволяет при необходимости использовать в модели вместо структурных элементов сразу готовые конструктивные элементы и добиваться формы, полностью соответствующей оригиналу. Это может понадобиться, например, для точного анализа столкновений. Автоматическое отслеживание столкновений также заложено в упомянутых САПР.

Для более точного программирования положений могут использоваться копиры с автоматической привязкой и ориентацией. В качестве копиров могут выступать модели

самой детали или виртуальные настраиваемые эталонные траектории с автоматической привязкой к требуемому контуру (рисунок 1).

«Натуральность» восприятия сцены оператором обеспечивается трехмерностью и оптическими эффектами (видимость, перспектива, окраска, затененность, отражение).

Возможность менять точку наблюдения, использовать любой масштаб и временно делать предметы прозрачными дают оператору виртуальной робототехнической системы возможности даже большие, чем в случае реальной системы. Можно работать в зонах вне прямой видимости, с перемещениями микронной точности, с вспомогательными навигационными объектами нулевых размеров и проницаемыми.

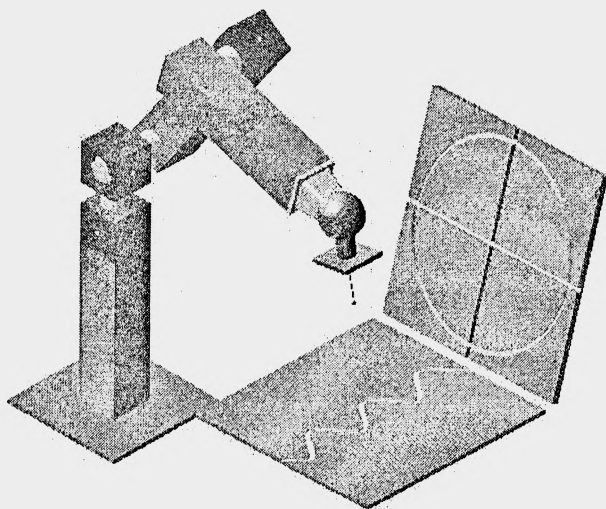


Рисунок 1. Графическая структурная модель ПР из унифицированных модулей и эталонные траектории

Организация контроля за аномальными и аварийными режимами на автоматизированном рабочем месте оператора энергопредприятия

Шардыко П.П., Гутич И.И.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время для систем контроля и управления (АСКУ) на энергопредприятиях все большее применение находят средства вычислительной техники. При этом предполагается, что в основу построения автоматизированных систем управления технологическими процессами на энергопредприятиях должны быть положены принципы, позволяющие сочетать основные преимущества двух направлений развития технических средств контроля и управления - высокую живучесть традиционных аналоговых и дискретных устройств с гибкостью и большими вычислительными возможностями ЭВМ.

АСКУ представляет собой распределенную, масштабируемую информационно-экспертную систему сбора данных и управления, работающую в автоматизированном режиме. Она обеспечивает сбор, обработку и представление информации о ходе технологического процесса в нормальном и аварийном режимах, регистрацию и экспресс-анализ аномальных режимов и аварийных ситуаций, формирование экстренных сообщений оперативному персоналу. АСКУ предназначена для информационного обеспечения автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора.

Важнейшей задачей оператора является регистрация и обработка аварийных и аномальных режимов, их анализ и последующее принятие решений возврата в нормальное состояние.

АСКУ является человеко-машинной системой контроля и управления, функционирующей на принципах информационной технологии. Система работает в темпе протекания технологических процессов и строится в соответствии с технологической структурой объекта управления, выполняется в виде многомашинного программно-технического комплекса и содержит следующие функциональные основные подсистемы:

- связи с технологическим объектом;
- обработки информации;
- представления информации.

Подсистема связи с технологическим объектом управления представляет собой совокупность программно-технических средств, предназначенных для сбора и предварительной обработки дискретной и аналоговой информации в нормальном режиме работы энергоблоков и линии, хронологической регистрации работы коммутационного оборудования, устройств релейной защиты режимной и противоаварийной автоматики, регистрации (осциллографирования) аналоговых сигналов в аварийных режимах. Подсистема может выполняться на базе информационно – диагностических комплексов, работающих под управлением своего специального программного обеспечения, представляя собой цифровые регистраторы (осциллографы) аналоговых и дискретных сигналов.

По результатам регистрации формируется файл нормального или аварийного режимов и передается на сервер. Обработку информации для ее представления, анализ аварийных ситуаций и решение других задач ведет подсистема обработки информации.

Подсистема обработки информации представляет собой комплекс программно-технических средств, обеспечивающий централизованное хранение, доступ к информации и ее представление, обмен информацией с другими подсистемами. Подсистема обеспечивает выполнение вычислительных задач в соответствии с их приоритетами, организует взаимодействие всех подсистем и службу единого времени, ведет контроль вычислительного процесса, и функциональный контроль технических средств комплекса в реальном времени. В состав подсистемы входят сервер и вычислительная станция, выполненные на базе специализированных устройств. В основу построения подсистемы положен принцип обработки информации с распределением времени. Обработка информации ведется в цикле ее сбора. При поступлении массива информации подсистема проверяет наличие аварийных ситуаций, выявляет срабатывание отдельных устройств, запускает соответствующую программу, реализующую заданную функцию в соответствии с ее приоритетом, и

формирует базу данных. Для анализа, просмотра и печати осциллограмм аварийных процессов, полученных регистратором, используется мощная программная поддержка, позволяющая вычислять место повреждения, автоматически находить поврежденную линию, задавать установившейся режим или автоматически вычислять его, выводить результаты расчета с различной степенью детализации, экспортировать параметры линий в текстовый файл и т.д.

Подсистему представления информации образует автоматизированное рабочее место оператора. АРМы предназначены для оперативного контроля за режимом работы основного электрооборудования в нормальном, аномальном и аварийном режимах работы энергоблоков и линии, а также для обработки и хранения оперативной и эксплуатационной документации. Информация на них выводится в виде мнемосхем, гистограмм и текстовых сообщений и может представляться как по запросу, так и автоматически. Использование цветных дисплеев обеспечивает представление информации на качественно новом уровне и повышает эффективность управления за счет сокращения времени на прием и оценку информации оперативным персоналом.

В аварийных режимах информация предоставляется автоматически в виде фрагмента с указанием всех изменений в схеме и текстовых сообщениях, содержащих информацию об аварии и, при необходимости, указания по ликвидации её последствий. Для более быстрого распознавания ситуаций оперативным персоналом, отдельные виды сообщений могут выдаваться на соответствующий дисплей. Выполнение контроля за аномальными и аварийными режимами на старой элементной базе требует обработки данных персоналом вручную, что увеличивает время для принятия решения о ликвидации внештатных ситуаций. Внедрение современных методов контроля за аномальными и аварийными процессами позволяет более эффективно использовать энергооборудование, предупреждать аварийные ситуации, ликвидировать аномальные режимы, минимизировать время для принятия решений, объем повреждений и затрат на восстановление.

**Методы количественной оценки автоматизированного
капиллярного контроля**

Москаленко А.А., Самойленко А.А.

Белорусский национальный технический университет

Капиллярный неразрушающий контроль является неотъемлемой составляющей системы оценки качества продукции.

Контроль позволяет не только определить пригодность продукции и объектов к эксплуатации, но и спрогнозировать его надежность, долговечность, остаточный ресурс.

Капиллярный неразрушающий контроль особенно важен для продукции и объектов, представляющих потенциальную опасность для жизни и здоровья людей, а также окружающей среды и в первую очередь при эксплуатации авиационной и космической техники, железнодорожного и морского транспорта, газо- и нефтепродуктов, оборудования химических и энергетических предприятий.

Выявление поверхностных дефектов с помощью методов неразрушающего контроля проникающими жидкостями находит все более широкое применение во всех отраслях народного хозяйства промышленно развитых стран.

Это объясняется целым рядом причин, среди которых важнейшими являются следующие:

- возможность выявления мельчайших дефектов с раскрытием до 0,5 мкм, которые зачастую не могут быть обнаружены другими методами;

- применимость этих методов для дефектоскопии изделий из материалов широчайшего диапазона свойств, включая немагнитные и неэлектропроводные;

- надежное выявление дефектов на поверхностях, имеющих сложный рельеф, когда применение других методов также является проблематичным.

Капиллярная дефектоскопия относится к виду неразрушающего контроля и основана на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей в полости дефектов, имеющихся на контролируемой поверхности объекта.

Сфера применения капиллярного контроля постоянно увеличивается. Его перспективность в значительной мере обусловлена постоянным увеличением в общем объеме используемых материалов доли немагнитных металлов, керамики, композитов и других неметаллических материалов, которые успешно заменяют дефицитные и дорогостоящие легированные стали и сплавы на основе вольфрама, молибдена, кобальта, никеля и др.

Основными направлениями развития капиллярного контроля являются: повышение надежности обнаружения дефектов и технической эффективности контроля посредством применения высококачественных наборов дефектоскопических материалов; переход от обнаружения к классификации дефектов и количественной оценке их параметров с целью объективного определения опасности выявленных дефектов; комплексная автоматизация контроля, включая регистрацию и анализ его результатов.

В капиллярном контроле в настоящее время используется большое количество различных наборов дефектоскопических материалов, выявляющих поверхностные дефекты на изделии с различным уровнем чувствительности.

Ввиду специфики метода капиллярного контроля, в ходе которого определяющую роль играет взаимодействие дефектоскопических материалов с контролируемой поверхностью и между собой, единого набора дефектоскопических материалов для всех случаев контроля создать в принципе невозможно.

Одной из основных задач при определении способа капиллярного контроля данного изделия является выбор высококачественного набора, обеспечивающего требуемый уровень чувствительности.

Выбор конкретного набора определяется, прежде всего, требованиями, предъявляемыми к надежности выявления дефектов, уровню чувствительности и технологической эффективности процесса контроля.

В связи с этим при использовании метода капиллярного контроля и его автоматизации необходимо решить следующие

- разработать критерии оценки основных параметров, характеризующих качество наборов дефектоскопических материалов, позволяющие с помощью автоматизированной системы ввода, обработки и анализа изображений проводить оценку основных геометрических и оптических характеристик индикаторных рисунков, что обеспечивает повышение надежности и достоверности оценки, а также получение объективных количественных результатов;

- разработать интегральный критерий автоматизированной оценки качества наборов дефектоскопических материалов, позволяющий проводить оценку на основании анализа указанных характеристик индикаторных рисунков выявленных дефектов, что обеспечивает получение объективных количественных результатов;

- разработать структуру и определить основные требования, предъявляемые к автоматизированной системе ввода, обработки и анализа изображений, используемой для оценки качества наборов дефектоскопических материалов;

- разработать и исследовать метод оценки качества наборов дефектоскопических материалов при использовании автоматизированной системы;

- разработать метод выбора основных компонент автоматизированной системы;

- разработать критерии, позволяющие проводить оценку влияния технологических режимов операций капиллярного контроля на выявляемость дефектов.

Разработана автоматизированная система ввода, обработки и анализа изображений. Данная система состоит из следующих компонентов: приемник изображения, регистрирующий исходное изображение поверхности контролируемого объекта; персональный компьютер; источник освещения; набор первичных и вторичных фильтров; печатающее устройство; программное обеспечение для обработки исходного регистрируемого изображения поверхности контролируемого объекта.

Особенности вычисления достоверных значений весового расхода материала в весах и весовых дозаторах непрерывного действия

Скачек В.А., Скачек А.В., Сотцев А.В.

Белорусский национальный технический университет

Одним из наиболее эффективных способов автоматизации процессов в перерабатывающих отраслях промышленности является использование весовых устройств.

Технологические процессы непрерывного типа предполагают постоянную подачу материала, осуществляемую по заданному алгоритму. Как правило, это или постоянный весовой расход, или расход материала, описываемый линейной зависимостью. Наиболее яркими представителями таких технологических процессов являются подготовка компонентов при производстве асфальтобетонных, бетонных и других аналогичных смесей, где условия повышения производительности труда требуют уменьшения технологического времени.

В реальных конструкциях в большинстве случаев используются асинхронные приводы переменного тока и ленточные конвейерные системы подачи материала, установленные на тензометрические преобразователи силы. Однако для достижения погрешности порядка $\pm 3-5\%$ в структуру устройства необходимо включать элементы, позволяющие компенсировать или исключить врожденные недостатки весовых систем этого типа. К таким элементам относятся, прежде всего, система контроля скорости ленты транспортера (для весов) и система регулирования скорости вращения двигателя привода (для дозаторов).

Указанные теоретические предпосылки на практике не всегда приводят к желаемым результатам, так как зачастую при разработке алгоритма обработки весовой информации не учитываются особенности формирования сигнала тензометрической системы как основного источника случайной погрешности и системы контроля скорости ленты как основного источника систематической погрешности.

К таким особенностям отнесится прежде всего начальная дисперсия сигнала, поступающего от тензодатчика. Эта дисперсия может колебаться в широких пределах и может достигать в редких случаях до 300% полезного сигнала. В таких условиях получение заданной погрешности становится сомнительным.

Практика показала, что удается достичь случайной погрешности не более $\pm 1-2$ % при условии внимательного анализа конструкции (устранение стыков ленты и биений), выбора датчика с максимальной стабильностью начального сигнала, а также введении предварительной процедуры калибровки весовой системы при первоначальной аттестации или при замене ленты конвейера.

Предварительная калибровка заключается в нагружении работающего конвейера грузом известной массы с последующим подбором параметров алгоритма для получения заданного расхода или зависимости расхода от времени.

Для дополнительной компенсации дисперсии начального сигнала тензодатчика в системах повышенной точности может применяться периодическое обнуление весов, заключающееся в запоминании параметров при пустом работающем конвейере.

Источником систематической погрешности весов непрерывного действия является система контроля скорости. Основным элементом, создающим погрешность здесь является датчик скорости.

Для получения стабильной информации о скорости необходимо использовать датчики или устройства, исключающие возможность ложных сигналов. Здесь следует отметить, что с целью устранения проскальзывания в системе привода датчик скорости должен быть установлен на ведомом валу системы.

Хорошо зарекомендовали себя конструкции, состоящие из электромагнитного датчика конечного положения и металлического диска с прорезями или выступами. Такие конструкции отличаются повышенной технологичностью, удобством установки, слабой подверженностью электромагнитным помехам, а также достаточной надежностью, в отличие от различных оптических или других моноблочных датчиков. Единственным требованием к электромагнитным

датчикам является повышенный гистерезис, предотвращающий ложные срабатывания.

Главным преимуществом разделенных датчиков является регулируемое простой заменой диска количество импульсов на один оборот барабана конвейера, так как скорость обработки информации по скорости синхронизируется с тактом поступления информации по силе. То есть измерение расхода материала на конвейере происходит в момент получения импульса от датчика скорости. Это позволяет упростить алгоритм вычисления и использовать простое усреднение результатов измерения силы, интегрированное по скорости ленты.

Суть вычисления расхода сводится к измерению времени между двумя импульсами от датчика скорости. Измерив это время и зная длину ленты конвейера и диаметр диска с прорезями, можно легко вычислить расход материала по формуле:

$$R = \frac{d}{t} \cdot \frac{m}{L} \text{ кг/с, где}$$

d – расстояние между прорезями диска, мм;

t – время между импульсами, с;

m – масса на конвейере, кг;

L – длина конвейера, мм.

При этом время между импульсами должно быть достаточным для того, чтобы произвести не менее 10 измерений веса. Это позволяет усреднять значения веса и сглаживать таким образом возможные колебания. Различные неточности в изготовлении или установке конвейера могут быть компенсированы подбором указанных параметров при калибровке.

Алгоритм обработки информации в дозаторе непрерывного действия, построенный с учетом указанных соображений, позволил получить на реально действующей системе погрешность не более $\pm 1\%$.

Построение энергетической характеристики турбины ПТ-35/90 Витебской ТЭЦ

Попова Ю.Б.

Белорусский национальный технический университет

Энергетическая характеристика (ЭХ) промышленно-теплофикационной турбины (ПТ-турбины) представляет собой зависимость расхода теплоты Q_0 от трех основных параметров: электрической мощности N , нагрузок производственного $Q_{\text{п}}$ и теплофикационного $Q_{\text{т}}$ отборов. Энергетические характеристики могут быть представлены в графическом и аналитическом видах.

Целью данной работы является разработка методики построения аналитической модели энергетической характеристики турбоагрегата ПТ-35-90/10 Витебской ТЭЦ, на основе исходной графической ЭХ (см. рис. ниже).

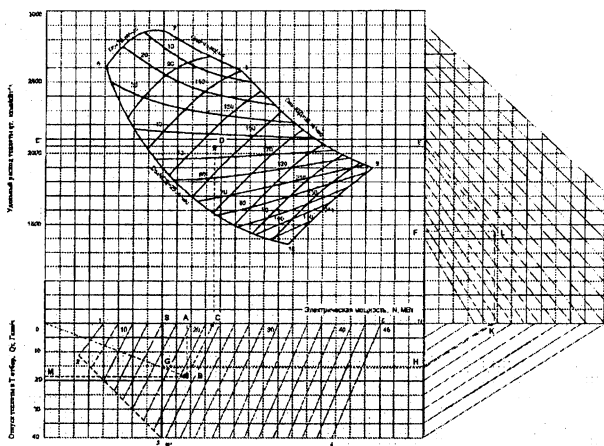


Рис. График зависимости удельного расхода теплоты на выработку электроэнергии от мощности и отпуска теплоты в производственный и теплофикационные отборы (ЭХ турбины ПТ-35-90/10)

Как видно из приведенного выше рисунка, графическая энергетическая характеристика турбины изображена в виде двух квадрантов. Верхний квадрант представляет собой зависимость удельного расхода теплоты от мощности турбины и производственного отбора (при этом теплофикационный отбор выключен). При включении теплофикационного отбора необходимо пользоваться нижним квадрантом и вводить соответствующие поправки. Тогда по заданным значениям, например, $Q_n=45$ Гкал/ч, $Q_t=18$ Гкал/ч, $N=19,5$ МВт, удельный расход теплоты определяется в следующей последовательности. Для заданных значений N и Q_t (по прямым АВ и МВ) определяем фиктивное значение электрической мощности с поправкой на включение Т-отбора (по линии ВС). Затем, принимая во внимание производственный отбор и используя линию DC, определяем фиктивный удельный расход теплоты (по линии DE' или DE). Уточненное значение удельного расхода теплоты можно определить по дополнительным построениям: пересечение отрезков OB и SS' позволяет получить т. G (отрезок SG в масштабе определяет значение Q_t/N). Из т. G по пути G-H-K-L методом параллельного переноса значение Q_t/N переносится на вспомогательное правое верхнее поле. Из т. E параллельно вспомогательным линиям снижения удельного расхода теплоты проводим EL. Ордината т. L (т. F) определяет значение удельного расхода теплоты q_t для заданных Q_n , Q_t , N . Расход теплоты Q_0 можно получить по формуле:

$$Q_0 = Q_n + Q_t + q_t \cdot N.$$

Для построения аналитической модели исходную графическую ЭХ предлагается рассматривать в виде двух поверхностей 1-2-3-4-5 и 6-7-8-9-10. Тогда приведенный ниже алгоритм позволит для любого сочетания нагрузок Q_n , Q_t , N определить расход теплоты на турбину в свежем паре, если, данный режим является допустимым.

Алгоритм построения аналитической модели НЭХ:

1. Определить пределы изменений нагрузок: $Q_n \in [0; 110]$ Гкал/ч, $Q_t \in [0; 40]$ Гкал/ч, $N \in [8; 46]$ МВт.

2. Определить зависимость $Q_{\tau}^{\max} = f(N)$:
 - если $N \in [5;16]$ МВт - аппроксимация линии 2-3;
 - если $N \in (16;39,5]$ МВт - аппроксимация линии 3-4 (в данном случае $Q_{\tau}^{\max} = 40$ МВт на всем участке);
 - если $N \in (39,5;46]$ МВт - аппроксимация линии 4-5.
3. Определить зависимость $N_{\phi} = f(N, Q_{\tau})$.
4. Определить зависимость $Q_{\pi}^{\min} = f(N_{\phi})$:
 - если $N_{\phi} \in [8,2;16,8]$ МВт - аппроксимация линии 6-7;
 - если $N_{\phi} \in (16,8;26,8]$ МВт - аппроксимация линии 7-8 (в данном случае $Q_{\pi}^{\min} = 0$ на всем участке);
 - если $N_{\phi} \in (26,8;45]$ МВт - аппроксимация линии 8-9.
5. Определить зависимость $Q_{\pi}^{\max} = f(N_{\phi})$:
 - если $N_{\phi} \in [8,2;33,6]$ МВт - аппроксимация линии 6-10;
 - если $N_{\phi} \in (33,6;45]$ МВт - аппроксимация линии 10-9.
6. Определить зависимость $D_o = f(N_{\phi}, Q_{\pi})$ для отсечения запрещенных режимов при условии, что $D_o \in [70;251]$ т/ч.
7. Определить зависимость $D_{\text{вх}}^{\text{ЧСД}} = f(N_{\phi}, Q_{\pi})$ для отсечения запрещенных режимов при условии, что $D_{\text{вх}}^{\text{ЧСД}} \in [25;95]$ т/ч.
8. Определить зависимость $q_{\phi} = f(N_{\phi}, Q_{\pi})$, учитывая, что $q_{\phi} \in [1350;2850]$ ккал/(кВт·ч).
9. Определить зависимость $\Delta = f(N, Q_{\tau})$. Для рассмотренного выше примера данная зависимость позволит получить расстояние SG.
10. Определить зависимость $q = f(q_{\phi}, \Delta)$.

Реализация данного алгоритма осуществлялась путем проведения серии аппроксимаций, указанных выше поверхностей и ограничивающих их линий с использованием встроенных функций множественной регрессии автоматизированной системы MathCAD 2000. Также разработано и внедрено программное обеспечение для автоматизации процесса построения энергетической характеристики турбины ПТ-35-90/10 Витебской ТЭЦ в аналитическом виде. Разработанное программное обеспечение позволяет вычислять значение расхода теплоты Q_o как для заданных значений электрической мощности, производственной и теплофикационной нагрузок, так и для их интервалов.

**К вопросу выбора презентативности
модели ПО при его разработке**

Бугай О.В., Лапанович И.О.

Белорусский национальный технический университет

С усложнением ПО многие его разработчики были вынуждены перейти от известного метода «собачьей конуры» к методологиям, предусматривающим предварительное проектирование программ с последующим созданием их исходного кода. В отличие от проектов, воплощенных у строителей, машиностроителей и других в виде чертежей, проект ПО обычно представляют его моделями, реализуемых рядом диаграммных техник и поддержанных такими инструментальными средствами как VISIO, BPwin, ERwin, Rational Rose и т.п.

Если в строительстве с тысячелетней историей, машиностроении, насчитывающем несколько столетий, вопрос о требованиях к проекту можно считать закрытым, то в случае с программированием отношение к полноте модели ПО далеко не однозначно. Одни группы разработки ПО предваряют этапы написания исходного кода системы либо подсистемы исчерпывающим ее моделированием, другие – вообще игнорируют его. Следствием этого явилось появление множества ТР ПО, в частности, объектно-ориентированной – ОР, UP, RUP, XP и других.

На наш взгляд на сложившуюся ситуацию влияет целый ряд обстоятельств. Вот основные из них:

- Особенности создания ПО – один экземпляр создается, а остальные тиражируются. Если учесть тот факт, что в этом случае в отличие от изготовления промышленных изделий, модель ПО больше не нужна, то его влияние на отношение к моделированию может быть весьма существенным.
- Особенности разделения труда между разработчиками – очень редко ПО проектирует одна команда, а реализует другая. При наличии двух команд модель ПО должна быть более обстоятельной, чем в

ситуации, когда проектирование ПО и его реализация выполняются одной и той же командой.

- Сложность предмета разработки – простые программы вообще нет смысла моделировать. Постоянное усложнение ПО и заставило его разработчиков прибегнуть к созданию проекта программ в виде модели.
- Стиль программирования – при структурном системном подходе в случае разработки сложного ПО обстоятельная модель необходима, а при объектно-ориентированном – все зависит от возможности повторного использования кодов, ранее разработанных компонент.
- Направленность тематики – создание программ по освоенной командной тематике не требует детальной проработки модели.
- Перспектива модификации – очевидно, что ПО, которое предполагается в будущем модифицировать должно более скрупулезно проектироваться.
- Позиция заказчика – если заказчик нуждается в исчерпывающе-сопроводительной документации, разработчик вынужден включить модель ПО вне зависимости насколько она была ему необходима в процессе выполнения заказа.
- ИСР – оснащенность интегрированной среды разработки компонентами весьма существенно влияет на требования к проекту разрабатываемого ПО. При наличии в интегрированной среде разработки необходимых команде разработчиков компонент можно ограничиться высокоуровневым представлением модели. Следует при этом иметь в виду, что любая ИСР навязывает программистам свой стиль решения задачи.

Кроме перечисленных выше факторов на отношение к моделированию несомненно влияют инженерные наклонности разработчиков: программисты с инженерным мышлением предпочтут начать разработку ПО с построения модели, а математики будут всячески избегать его (математическое моделирование здесь не в счет). С учетом того, что основной

контингент программистов составляют математики, то вполне понятно стремление к снижению доли проектирования при разработке ПО. Тем более, что широкие возможности современных ИСР способствуют этому. В результате наблюдаем повышенный интерес к экстремальному программированию.

Да и существующие СУБД приучают разработчика стартовать не от модели БД, а – наоборот. Например, в строительстве ситуация, когда по мере возведения здания создавались бы чертежи, демонстрирующие достигнутое, считалась бы абсурдной, а вот при работе с СУБД – воспринимается вполне нормально и комизм ситуации остается не замеченным.

Как видим, полярное отношение к моделированию ПО при его разработке имеет вполне определенное обоснование и каждый из подходов к вопросу проектирования рассматриваемого предмета разработки имеет право на существование. Тем более, что работа над многими программами по своей специфике сродни изобретательской деятельности.

Литература

1. Буг, Г., Рамбо, Дж., Джекобсон, А. Язык UML. Руководство пользователя: Пер. с англ. – М.: ДМК, 2000. – 432 с.
2. Мартин, Робертс, С. Быстрая разработка программ: принципы, примеры, практика: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 752 с.
3. Фаулер, М. Разработка ПО: проектирования больше нет?! Пер. с англ. К. Максимова, А. Максимовой// Сетевые решения. – 2004. - №1. – с.78-86.

Использование технологии OLAP для аналитических исследований процесса обучения

Житкевич А.П., Пашенко Е.А.

Белорусский национальный технически университет

С середины прошлого десятилетия в мире стремительно растет интерес компаний к программным продуктам, позволяющим руководителям и аналитикам работать с большими объемами информации, накопленными в учетных системах и хранилищах данных, и извлекать из них полезные сведения. И сегодня можно говорить о появлении целого направления в области программного обеспечения - Business Intelligence (BI).

Любая учетная система, какой бы универсальной она ни была, не в состоянии покрыть всех потребностей обработки и анализа хранимой информации. Для ведения успешной деятельности необходимо иметь актуальные сведения о текущем состоянии дел, готовить материалы для дальнейших действий. Информационная составляющая превращается в важнейший элемент управления любым направлением деятельности, поэтому способность предприятий обеспечивать своих руководителей всеми необходимым для принятия взвешенных решений сведениями становится преимуществом любой организации.

При создании запросов на поиск информации по заданным критериям возникает проблема быстрогодействия. Методы, используемые в системах оперативной обработки транзакций, осложняют создание даже простых отчетов, так как данные чаще всего распределены по множеству таблиц, и для их агрегирования необходимо выполнять сложные операции объединения. Как правило, попытки создания комплексных отчетов требуют больших вычислительных мощностей и приводят к потере производительности.

Кроме того, некоторые виды анализа требуют таких структурных изменений, которые недопустимы в текущей оперативной среде. Например, нужно выяснить, что произойдет, если у компании появятся новые продукты. На реальной базе такое исследование провести нельзя. Следовательно,

эффективный анализ редко удается выполнить непосредственно в учетной системе.

На рисунке 1 представлена схема базы данных, содержащая информацию из учетных карточек студентов. Данные в этой базе будут удовлетворять третьей нормальной форме, однако это повлечет за собой некоторые затруднения при просмотре и анализе содержимого.

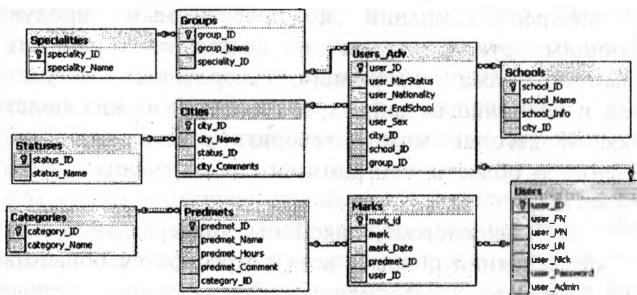


Рисунок 1. Схема нормализованной базы данных

Беглого взгляда на структуру достаточно, чтобы понять сложность извлечения информации даже из базы данных. Аналитические запросы потребуют объединения большого количества таблиц, что существенно увеличивает время выполнения запроса.

Для проведения аналитических исследований исходная база данных должна сначала преобразовываться в хранилище данных (ХД). В основе концепции ХД лежит идея разделения данных, используемых для оперативной обработки и для решения задач анализа. Такое разделение позволяет оптимизировать как структуры данных оперативного хранения для выполнения операций ввода, модификации, удаления и поиска, так и структуры данных, используемые для анализа. В разработанной системе данные, необходимые для определенных задач анализа и хранящиеся в OLTP-системе, сводятся в единую таблицу, представляющую хранилище данных.

Затем к информации, хранящейся в хранилище данных, должны быть применены технологии OLAP. Применение этой технологии обусловлено недостатками реляционной модели базы данных, в частности, невозможностью объединять,

просматривать и анализировать данные с точки зрения множественности измерений. В процессе анализа данных, для аналитика важно построить и изучить зависимости между различными параметрами. Кроме того, число таких параметров может варьироваться в широких пределах.

Для приведения данных к удобной аналитику форме необходимо выделение одного из атрибутов, на основании которого и будет производиться анализ. После чего из реляционного (двухмерного) представления данных, на основании выделенного параметра, формируется, трехмерная структура, называемая куб решений. В общем случае эта структура может представлять собой гиперкуб. Операции над результирующим гиперкубом позволяют агрегировать данные по определенным аналитическим критериям.

Для примера использования OLAP для анализа данных процесса обучения была поставлена следующая задача: исследовать зависимость успеваемости от пола студента. Полученные результаты представлены на рисунке 2.

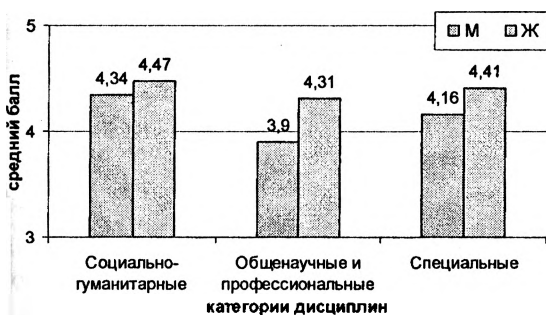


Рисунок 2. Зависимость успеваемости от пола.

По результатам анализа можно сделать вывод о том, что разрыв в успеваемости больше по общенаучным и профессиональным дисциплинам. При этом успеваемость представителей женского пола выше по всем дисциплинам. Также определено, что дисперсия отличается существенно и больше в случае представителей мужского пола. Это свидетельствует о большей неравномерности успеваемости.

**Алгоритм моделирования событий,
приводящих к чрезвычайным ситуациям при движении
транспортных средств**

Слабко Ю.И.

Белорусский национальный технический университет

1. Введение

При виртуальном проектировании мобильных машин и их систем управления необходимо моделировать события, приводящие к возникновению чрезвычайных ситуаций (ЧС) при движении мобильных машин в различных условиях движения. Чрезвычайная ситуация, приводящая к потере устойчивости или управляемости мобильной машины, может возникнуть при резком изменении свойств внешней среды под опорными элементами, при воздействии водителя (на тормозную педаль, на педаль акселератора, на рулевое управление и др.), состояния мобильной машины (внезапные неисправности деталей и агрегатов такие как, залипание педали акселератора, течь в тормозном суппорте и т.д.; техническое состояние, распределение веса груза в кузове) либо комбинации этих факторов. ЧС может привести к созданию аварийной ситуации на дороге; повреждению мобильной и/или мобильных машин; порче дорожных и придорожных сооружений; водитель и другие участники дорожного движения могут получить эмоциональный стресс и физические повреждения и т.д.

Во многих странах тратятся большие средства на исследование и создание САБ. Однако, для компьютерного моделирования различных ситуаций, приводящих к ЧС, и выбора оптимальных параметров САБ необходимо создать компьютерный полигон, автоматизирующий моделирование, анализ и оптимизацию САБ.

Рассмотрим некоторую классификацию чрезвычайных ситуаций.

1. Классификация внешней среды с точки зрения возникновения ЧС:

- по коэффициенту сцепления μ ;
- по расположению относительно колес и бортов.

Вероятность возникновения ЧС зависит от поперечного и продольного коэффициентов сцепления. Низкий коэффициент сцепления, например на снежном покрытии, приводит к потере устойчивости мобильной машины при маневрировании, развороте, трогании/торможении и т.д. Высокий коэффициент сцепления повышает устойчивость мобильной машины.

Важное значение на причину возникновения ЧС оказывает внешняя среда относительно колес и бортов, т.е. различные коэффициенты сцепления относительно колес и бортов. При реализации тягового/тормозного момента на колесах мобильной машины с различным коэффициентом сцепления относительно бортов возникает разворачивающий момент, стремящийся развернуть автомобиль относительно вектора линейной скорости на определенный угол. Величина угла разворота будет напрямую связана с разностью фактического тягового/тормозного момента в контакте «колесо-дорога» между левым и правым бортом автомобиля.

2. Действия водителя, приводящие к возникновению ЧС.

При торможении колесной машины на дороге с коэффициентом сцепления $\mu_{л.б.} < \mu_{п.б.}$, когда водитель интенсивно давит педаль тормоза, возникает разворачивающий момент M_p относительно переднего правого колеса с большим коэффициентом сцепления μ , стремящийся развернуть автомобиль по часовой стрелке относительно линейной скорости автомобиля v_a с заносом задней оси.

- события, происходящие с мобильной машиной при действии водителя в тяговом режиме.

Ведущие колеса на дорожном покрытии, характеризующимся одинаковым, но малым сцеплением, будут реагировать на избыточное открытие дроссельной заслонки посредством пробуксовки колес с обеих сторон. Оставшаяся сила тяги, содействующая движению автомобиля, затем сместится в сторону неустойчивого участка кривой зависимости сцепления от проскальзывания с одновременным уменьшением коэффициентов сцепления. Попытки разгона неподвижного или медленно движущегося автомобиля на грязевом, обледенелом или заснеженном «отполированном» дорожном покрытии будут результатом дальнейшего значительного уменьшения

коэффициента сцепления, сопровождающегося потерей устойчивости автомобиля, лишним расходом топлива, повышением рабочей температуры двигателя, повышением токсичности выхлопа. Цепь управления работой двигателя реагирует на такие условия посредством уменьшения проскальзывания во время движения до приемлемого уровня, соответствующего более высоким значениям коэффициента сцепления. [1]

3. Изменение исходных свойств мобильной машины.

На возникновение событий, приводящих к ЧС, оказывает влияние изменение свойств мобильной машины. Наиболее распространенная ситуация: неравномерный износ тормозных колодок с левой и правой стороны, техническая неисправность тормозной системы, неравномерный износ покрышек по бортам, неравномерное распределение веса груза в кузове и/или полуприцепе грузового автомобиля, что может привести к полной или частичной потере устойчивости и управляемости мобильной машины при торможении на криволинейном или прямолинейном участке дороги.

Возможные комбинации пп. 1-3.

2. Алгоритм моделирования ЧС

Для моделирования события, приводящего к возникновению ЧС необходимо сформировать внешнюю среду и задать функцию управления тяговым и тормозным моментом, характеризующую действия виртуального водителя.

Важно правильно сформировать внешнюю среду, т.к. вероятность возникновения ЧС зависит от сцепных характеристик мобильной машины. Поэтому для повышения вероятности возникновения ЧС необходимо сформировать внешнюю среду таким образом, чтобы коэффициент сцепления с левого и правого борта значительно отличались друг от друга $\mu_n \gg \mu_n$ или были очень малы, т.е. находились в диапазоне $\mu = 0,05..0,35$. При этом необходимо учитывать действия водителя, т.е. управлять тяговым/тормозным моментом, так как ЧС может возникнуть при намеренном участии водителя, например, когда водитель давит на педаль тормоза, чтобы снизить скорость прямолинейного или криволинейного движения, остановить автомобиль или, когда водитель

увеличивает подачу топлива путем нажима на педаль акселератора, чтобы ускорить автомобиль; так и независимо от действий водителя, например автомобиль едет с постоянной скоростью и колеса с одного борта автомобиля попадают на маслянистое пятно.

Управление строится таким образом: при торможении подается тормозной момент, равный максимально реализуемому моменту в тормозном цилиндре, в интервал времени, когда коэффициент сцепления с левого и правого борта значительно отличаются между собой; при трогании/ускорении порождается тяговый момент, в интервал времени, когда внешняя среда имеет малый коэффициент сцепления или коэффициенты сцепления по бортам значительно отличными друг от друга.

Состояние внешней среды характеризуется коэффициентом сцепления $\mu = f(\alpha(x, y))$ в каждой точке поверхности, описывающей данную внешнюю среду, где $\alpha(x, y)$ – функция распределения типа внешней среды. Граничные условия:

$$\begin{cases} 0 \leq x \leq s \\ 0 \leq y \leq l \\ \gamma_i = \mu_{cp}; \quad i = \overline{1, n} \end{cases}$$

где s – длина профиля внешней среды; l – ширина профиля, γ_i – множество типов внешней среды, n – количество типов внешней среды с соответствующим коэффициентом сцепления $\mu_{\bar{n}0}$ для каждого типа.

Начальные условия:

$$x_0 = 0, y_0 = 0;$$

$$\begin{cases} (x'_1, y'_1), (x''_1, y''_1) & , \gamma_i; \\ \dots \\ (x'_m, y'_m), (x''_m, y''_m) & , \gamma_i, \\ \gamma'_i \end{cases}$$

где $(x'_m, y'_m), (x''_m, y''_m)$ – набор пар точек, задающих прямоугольную область моделируемого покрытия с типом

внешней среды γ_i, γ'_i – тип внешней среды, определяющий всю оставшуюся, непокрытую область.

Тяговый режим

$$U_{km} = \begin{cases} M_k = M_{\max}, & \text{если } f(\alpha(x_i, y_n)) \gg f(\alpha(x_j, y_n)), \\ & 0 \leq x_i \leq \frac{s}{2} \text{ и } \frac{s}{2} < x_j \leq s, n = \overline{1, l}, \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

где U_{km} – функция управления тяговым моментом k – й оси мобильной машины.

Тормозной режим

$$U_k = \begin{cases} M_k = M_{\max}, & \text{если } f(\alpha(x_i, y_n)) \gg f(\alpha(x_j, y_n)), \\ & 0 \leq x_i \leq \frac{s}{2} \text{ и } \frac{s}{2} < x_j \leq s, n = \overline{1, l}, \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

где U_{km} – функция управления тормозным моментом k – й оси мобильной машины.

Заключение

Выработаны рекомендации по созданию условий, при которых возникает ЧС и как следствие теряется устойчивость и/или управляемость машины. Предложенный алгоритм позволит формировать необходимые условия, приводящие к ЧС при компьютерном моделировании. В результате такого моделирования, с учетом ЧС, станет возможным решить целый ряд актуальных проблем: повысить безопасность движения и курсовую устойчивость; экономить топливо в тяговом режиме; снизить рабочую температуру двигателя; снизить токсичность выхлопа.

Литература

1. Автомобильный справочник BOSCH. Первое русское издание. – М.: Издательство «За рулем», 2002.
2. Нефедьев, Я.Н. Конструкции и характеристики электронных антиблокировочных систем зарубежных фирм. Обзорная информация. – М.: Научно-исследовательский институт информации автомобильной промышленности, 1978.

Покрытие требований тестовыми сценариями

Попова Ю.Б.

Белорусский национальный технический университет

Разработка любого программного продукта (ПП) начинается с определения требований, которым данный продукт должен удовлетворять. Согласно итерационной и спиралевидной моделям жизненного цикла разработки ПП, тестировщики приступают к работе задолго до того, как разработчики выпустят первую версию ПП. Первоначально тестировщики изучают требования, проверяя их полноту, непротиворечивость, однозначность, контролепригодность. При необходимости требования уточняются и изменяются. После этого тестировщики приступают к разработке **тестовых сценариев** (*test cases*). Тестовые сценарии представляют собой сформулированные в письменном виде наборы входных данных и ожидаемых результатов. Такие наборы позволяют быстрее и эффективнее проводить проверку выполнения требований. Как правило, каждое требование проверяется одним или несколькими тестовыми сценариями. Выполняя эти сценарии для каждой новой версии продукта, тестировщики могут оценить, скольким требованиям из предъявляемых к нему, соответствует ПП, а также дать свою оценку качеству продукта на данной стадии.

Чтобы не оставить какое-то требование не протестированным, тестировщики должны создать такой набор тестовых сценариев, в котором проверялось бы соответствие продукта всем сформулированным для него требованиям. Если требований всего несколько десятков, удостовериться в том, что все они проверяются тестовыми сценариями не сложно. Проблема **анализа покрытия требований тестовыми сценариями** встаёт в тех случаях, когда требований много – несколько сотен или тысяч.

Существует несколько громоздких систем менеджмента проектов, например, TestDirector и Rational Suite. У каждой из них свой подход к хранению требований и тестовых сценариев и своя методика анализа покрытия первых вторыми. Среди недостатков этих систем можно выделить следующие:

1) неудобство описания требования или тестового сценария в одном текстовом поле ввода без возможности вставить блок-схему, гиперлиnk или изменить форматирование текста;

2) громоздкость (такие системы занимают много места);

3) занесение новых требований и тестовых сценариев занимает много времени.

Несмотря на наличие систем менеджмента проектов, большинство компаний, занимающихся разработкой ПП, для работы с требованиями используют Microsoft Word, а для работы с тестовыми сценариями - Microsoft Excel. Такие форматы считаются наиболее удобными и для тех, кто разрабатывает эти документы, и для тех, кто с ними работает, и для заказчика. Однако при этом подходе становится весьма затруднительным анализ покрытия требований тестовыми сценариями.

Для решения данной проблемы автором предлагается следующая методика. Каждому требованию присваивается идентификатор, который ставится перед его текстом в документе, например, как представлено ниже:

R2.2.1. ПП MobilTelShop должен обеспечивать добавление нового товара в список уже имеющихся.

Каждый тестовый сценарий, описанный в Excel-таблице и имеющий свой идентификатор, хранит в одной из своих колонок идентификатор требования, которое он проверяет (см. таблицу ниже).

Таблица. Пример тестового сценария

№	№ требования	Название модуля	Описание тестового случая	Ожидаемые результаты	Тестовый случай пройден? Да/Нет	Комментарии
1	R1.1.1	Добавление	Добавление нового товара 1. Нажать кнопку <New>. 2. Ввести верную информацию в появившиеся поля. 3. Нажать <Save>.	Новый товар добавлен в список.		

Тогда для анализа покрытия требований тестовыми сценариями можно предложить следующий алгоритм:

Влияние выбора алгоритма расчета нагрузок на катки на плавность хода гусеничной машины

Гурский Н.Н., Коробкин В.А., Фурунжиев Р.И.
Белорусский национальный технический университет,
Минский тракторный завод

1. Введение

При компьютерном моделировании динамических процессов, протекающих в узлах и элементах мобильных машин, используются дискретные модели. Важным является вопрос учета распределения на начальном этапе статических нагрузок по каткам гусеничной машины (ГМ). Существуют различные алгоритмы вычисления данных нагрузок. В данной работе рассматривается влияние выбранных алгоритмов на плавность хода гусеничной машины.

2. Алгоритм ступенчатого распределения нагрузок

С целью унификации размеров и заправочных давлений в упругих элементах многоопорных машин, нагрузки на катки объединим их в две группы: слева и справа от ЦМ. Таким образом, получим ступенчатый закон распределения нагрузок на катки, как показано на рис.1. Так, для ГМ с 6-катковыми движителями, вводятся условия:

$$P_1 = P_2 = P_3 = P'_1, \quad P_4 = P_5 = P_6 = P'_1,$$

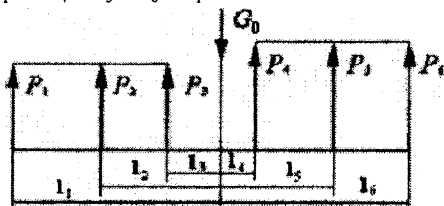


Рис.1. Принятая эпюра нагрузок на катки

При заданной эпюре нагрузок уравнения равновесия системы относительно ЦМ машины имеют вид:

$$\begin{cases} 6P_1' + 6P_1'' = G_0, \\ P_1'(l_1 + l_2 + l_3) + P_1''(l_4 + l_5 + l_6) = 0. \end{cases}$$

Таким образом, принятая эпюра нагрузок позволяет перейти от статически неопределимой задачи к двум уравнениям с двумя неизвестными.

3. Алгоритм индивидуального распределения нагрузок

Нагрузки на катки вычисляются в два этапа (рис.2 и рис.3).

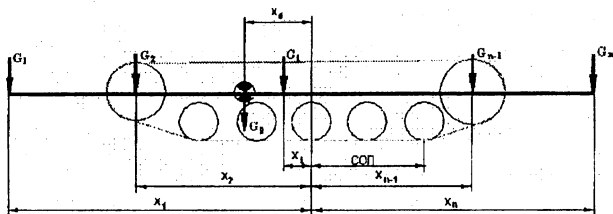


Рис.2. Вычисление «приведенного ЦМ» гусеничной машины с учетом навесок и сил натяжения гусеницы

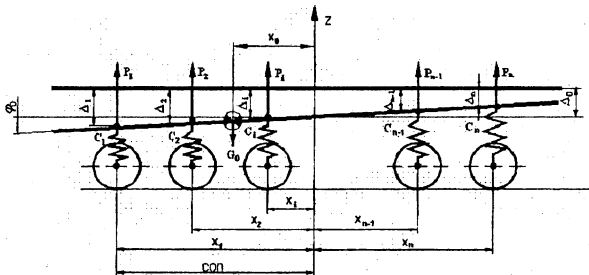


Рис.3. Определение статических нагрузок на катки ГМ

На первом этапе (рис.2) вычисляются «приведенный вес» G_0 и его положение x_0 относительно середины опорной поверхности гусеницы с учетом навесок и сил натяжения гусеницы:

$$G_0 = \sum_{i=1}^n G_i; \quad x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i G_i}{G_0}.$$

На втором этапе (рис.3) вначале из уравнений

$$\left. \begin{aligned} A\Delta_0 + B\varphi_0 &= G_0, \\ B\Delta_0 + C\varphi_0 &= x_0 G_0, \end{aligned} \right\} \text{ где } A = \sum_{i=1}^n C_i, \quad B = \sum_{i=1}^n x_i C_i, \quad C = \sum_{i=1}^n x_i^2 C_i$$

$$\text{вычисляются } \Delta_0 = \frac{G_0 - B\varphi_0}{A}, \quad \varphi_0 = \frac{Ax_0 G_0 - BG_0}{AC - B^2}.$$

Затем индивидуальные статические нагрузки на катки:

$$P_i = C_i \Delta_i = C_i (\Delta_0 + x_i \varphi_0), \quad i = \overline{1, n}.$$

4. Результаты компьютерного моделирования

Для оценки использования различных алгоритмов вычисления статического распределения нагрузок по каткам ГМ была выбрана модель гусеничного трактора, показанная на рис.4.

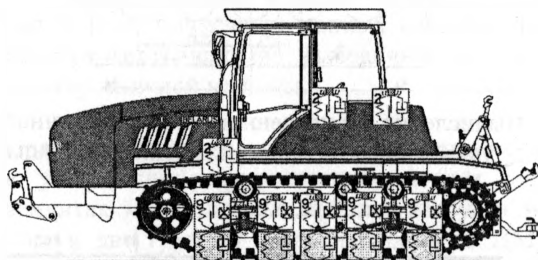


Рис.4. Расчетная схема гусеничного трактора

По алгоритму, приведенному в п.2 получено ступенчатое распределение нагрузок на катки (см. рис.5).

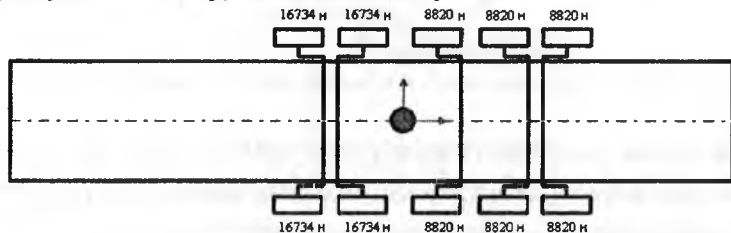


Рис.5. Ступенчатая эпюра нагрузок на катки

По алгоритму, приведенному в п.3 получено индивидуальное распределение нагрузок по каткам, как показано на рис.6.

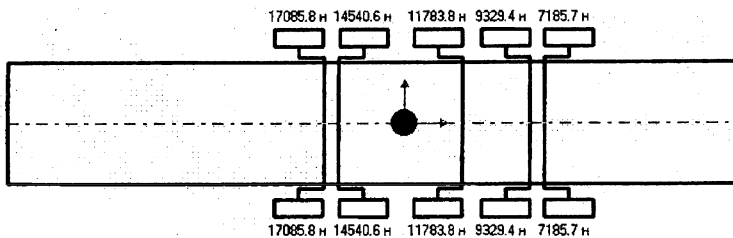


Рис.6. Эпюра индивидуальных нагрузок на катки

На рис.7 приведены амплитудно-скоростные характеристики вертикальных ускорений в центре масс гусеничного трактора. Видно, что алгоритм ступенчатого распределения нагрузок по каткам является фильтром и сглаживает результаты вычислений.

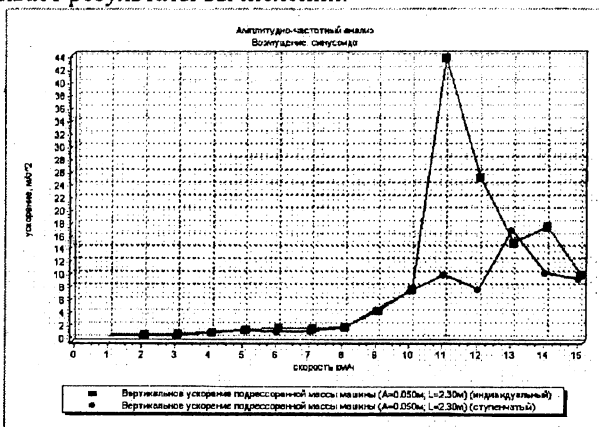


Рис.7. Амплитудно-скоростная характеристика ускорений в центре масс гусеничной машины

Литература

1. Фурунжиев, Р.И., Гурский, Н.Н. Программное обеспечение моделирования и оптимизации динамических систем *ADMOS*. РосПАТЕНТ. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2000610671 от 21 июля 2000 г. (Copyright of the ADMOS).

Выбор оптимальных параметров горной выработки на основе многокритериального подхода

Напрасников В.В., Напрасникова Ю.В., Федорович М.М.,
Воробей А.Н.

Белорусский национальный технический университет

При выполнении расчетов зоны трещиноватости в обрабатываемом массиве, при наличии выработки, возникает задача об определении рациональных (оптимальных) параметров самой выработки. При этом имеются противоречивые требования:

- с одной стороны площадь сечения выработки должна стремиться к максимуму, что соответствует максимальному объему добычи полезных ископаемых;
- с другой стороны при наличии влагосодержащих слоев, то возможно просачивание растворов в ведущую выработку, постепенное или катастрофическое затопление выработки.

Расположение слоев в сечении для мест, где предполагается выемка полезных ископаемых, заранее исследуется путем бурения контрольных скважин. Таким образом, в математическом плане описанную задачу можно сформулировать так:

$$S_{\text{общ}} \rightarrow \max, h_{\text{тр}} \rightarrow \min, S_{\text{тр}} \rightarrow \min.$$

Численная реализация модели выполнена в среде FlexPDE. При этом считаем, что на свободной поверхности /*дневная поверхность и граница выработки*/ касательное и нормальное напряжение отсутствует. На боковых поверхностях поставлено условие гидростатического давления. Размеры и расположение слоев соответствует характеру залегания солей в Старобинском месторождении.

Изложим теперь особенности построения численной оптимизации модели с использованием «Системы принятия решений» (DMS) (Разработчики Кадач Т.В. и Придухо В.Т.).

Рассмотрим структуру взаимодействия среды DMS и FlexPDE по схеме, представленной на рисунке 1.

Пользователь создает в DMS модель, в которой указываются оптимизируемые параметры и критерии оптимальности, а также параметрические ограничения. После запуска расчета, система генерирует по встроенному алгоритму параметры, которые сохраняются в файл "par.opt" в последовательности, указанной при создании модели (Приложение-посредник (ПП) должно «знать» эту последовательность).

Далее DMS запускает на выполнение ПП, которое считывает параметры, хранящиеся в "par.opt". После получения параметров, задача ПП заключается в подготовке файла "*.pde", подключаемого в проект FlexPDE, и запуске расчета модели. После окончания расчета FlexPDE должен создать файл, содержащий матрицу значений, по которой будут определяться критерии оптимальности. А в это время ПП ждет, пока не изменится время последней модификации данного файла. Когда это произошло, ПП считывает матрицу значений и высчитывает необходимые критерии оптимальности, которые записываются в файл "fun.opt" в последовательности, указанной в DMS. После отработки ПП, DMS считывает критерии из "fun.opt" и запоминает их. После проведения опытов, с помощью DMS определяется оптимальные параметры для заданной модели.

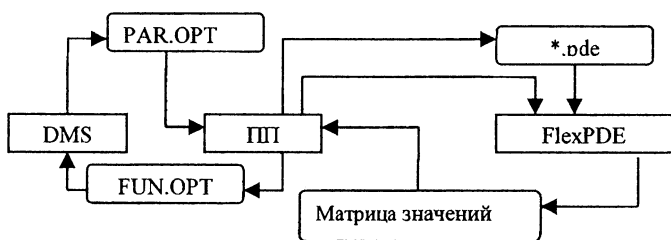


Рис. 1. Взаимодействие DMS и FlexPDE

По окончании оптимизации, DMS создает таблицу, которая содержит неупорядоченные результаты испытаний (значения критериев после каждой итерации).

Окончательное определение оптимальных параметров происходит в диалоговом режиме. Эта таблица представляется в отсортированном и нормированном виде, в результате чего определяются опыты с граничными значениями параметров, после чего выделяется допустимое множество. Оно используется для определения паретовских точек (Рис 2). Если она одна, то является оптимальной; а если несколько, то для определения конечного результата нужно осуществить поиск окончательного решения.

N Опыта	Высота трети	Площадь тр	Lw*Hw
48	574	5,48438	28,8733
50	582	114,469	153,795
68	574	27,955	20,2206
100	578	0,86975	128,432

Рис. 2. Результаты испытаний

Сравнительные результаты расчета модели во FlexPDE до оптимизации и после:

$$\begin{aligned}
 H = 615 \text{ м } S_{\text{тр}} &= 984,549 \text{ м}^2 \quad S_{\text{выр}} = 256,471 \text{ м}^2; \\
 H = 582 \text{ м } S_{\text{тр}} &= 114,7 \text{ м}^2 \quad S_{\text{выр}} = 153,79 \text{ м}^2.
 \end{aligned}$$

Выводы:

1. Построена оптимизационная модель для принятия решения на основе многокритериальной параметрической оптимизации с использованием модулей: FlexPDE в качестве расчетного ядра, и пакета DMS, в качестве пакета принятия решений. При этом создана стыковочная программа на языке C++, осуществляющая обработку данных от FlexPDE, расчет по ним критериев и передачу в DMS.

2. Выполнены оптимизационные расчеты, на основе которых получены геометрические параметры выработки, обеспечивающие оптимальные значения критериев.

3. Разработана общая методика построения оптимизационной модели, используя DMS и FlexPDE.

УДК 621.18.004+519.6

Диалоговая система для решения задач параметрической оптимизации трубчатых воздухоподогревателей

Кадач Т.В.

Белорусский национальный технический университет

Трубчатые воздухоподогреватели (ТВП) являются одним из основных узлов современных паровых котлов и предназначены для подогрева воздуха для сжигания топлива с одновременным охлаждением уходящих дымовых газов. Современные технологии проектирования ТВП требуют обработки значительного количества информации, в том числе решения задачи определения рациональных параметров воздухоподогревателя.

Анализ математических операционных моделей ТВП показал, что при поиске конструктивных и режимных параметров возникают оптимизационные задачи различной сложности: от простых однокритериальных до более сложных многокритериальных, а зависимости целевых функций и функциональных ограничений являются комбинациями степенных, показательных и логарифмических функций от вектора искомых параметров, а в случае использования в моделях программных продуктов, реализующих методы конечных элементов (МКЭ), рассматриваются как «черные ящики». Вследствие этого задача применения математических моделей для поиска рациональных параметров ТВП относится к классу задач нелинейного программирования.

Из проведенного анализа существующих программных продуктов моделирования и оптимизации объектов проектирования следует, что проблема создания такого инструментального программного продукта, который бы позволял решать комплексную задачу моделирования проектируемого объекта (с выделением информативных параметров и критериев оптимальности), анализа математической модели, выбора метода поиска окончательного решения в условиях одно- и многокритериальности, все еще существует.

Разработанная диалоговая система поддержки принятия решений DMS (Decision Making System) для поиска конструктивных и режимных параметров ТВП предусматривает:

- интерфейсные средства, позволяющие анализировать задания пользователя, выделять совокупность необходимых исходных данных, подключать разработанную математическую модель и обрабатывать ее;

- модуль для исследования и упрощения созданной модели: анализ и выделение набора существенных оптимизируемых параметров, формирование совокупности независимых критериев оптимальности, с последующей оценкой адекватности полученной модели;

- библиотеку прикладных программ для решения задач однокритериальной оптимизации, реализующих ряд методов нулевого порядка с локальными и глобальными свойствами;

- модуль, представляющий собой диалоговый метод многокритериальной оптимизации, позволяющий получить множество Парето;

- программные средства поддержки принятия решений для получения окончательного решения из множества Парето;

- анализ полученных результатов.

Одним из достоинств данной системы является использование интуитивно понятного и широко распространенного на персональных компьютерах, работающих под управлением операционных систем Windows 95/98 и Windows NT, единообразного интерфейса, что позволяет значительно сократить время на обучение пользователя работе с системой.

Данная система состоит всего из одного исполняемого модуля, хотя и разбивается на множество программных и логических модулей. Это позволяет упростить и ускорить процесс разработки и, соответственно, снизить себестоимость системы, за счет того, что нет необходимости разрабатывать протоколы взаимодействия между модулями. В данном случае взаимодействие реализуется средствами языка программирования, что также позволяет ускорить взаимодействие между модулями и подпрограммами и

улучшить надежность системы. Использование объектно-ориентированного подхода при программировании позволило разработать структуру системы таким образом, что внесение каких-либо дополнений в функциональные возможности системы потребует минимальных затрат.

Система была применена для решения следующих задач:

1) на этапе проектирования ТВП для поиска конструктивных и режимных параметров; 2) в процессе эксплуатации для подбора наиболее эффективных режимных параметров для уже готовых воздухоподогревателей при известных конструктивных характеристиках.

Для решения задачи в многокритериальной постановке (при выборе параметров и режимов работы ТВП по совокупности критериев) был использован подход, развивающий метод исследования пространства параметров.

Система генерирует решения и далее, если проектировщик может задать приоритет критериев оптимальности, строится обобщенный критерий по выбранной схеме компромиссов (аддитивный, мультипликативный или минимаксный), и задача решается методами поисковой оптимизации нулевого порядка.

В противном случае множество решений сужается до области Парето, и окончательное решение определяется с помощью библиотеки формальных и неформальных методов.

В однокритериальной постановке решалась задача минимизации скорости низкотемпературной коррозии, возникающей из-за неравномерности скорости потоков воздуха и дымовых газов по сечению воздухоподогревателя, что в свою очередь вызывает переохлаждение отдельных труб. В данном случае для поиска решения использовалось сочетание глобальных методов оптимизации с локальными случайными методами. Такой подход позволил рационально подобрать параметры работы котла и ТВП, при которых скорость низкотемпературной коррозии была минимальной.

Выполненные исследования позволяют заключить, что предложенные методики поиска, реализованные в системе DMS, могут быть использованы при проектировании и эксплуатации с целью улучшения функционирования воздухоподогревателей паровых котлов.

Применение генетического алгоритма в структурной оптимизации

Зиберт А.В., Ковалева И.Л., Чижик Е.Д.

Белорусский национальный технический университет

В общем случае структурная оптимизация является достаточно сложной задачей. Её сложность обуславливается прежде всего тем, что с целью выбора наилучшего решения наряду с варьированием параметров внутри заданной структуры происходит варьирование самими структурами на необозримом (в смысле полного перебора) множестве известных и неизвестных структур.

В настоящее время не существует метода оптимизации, который мог бы быть однозначно определен как лучший среди других методов по точности решения задач структурной оптимизации. Метод полного перебора не эффективен, так как пространство поиска может содержать бесконечное число вариантов решений. Градиентные методы не гарантируют получение единственного оптимального решения, за исключением случая, когда пространство отображения является выпуклым и не допускает появления второстепенных вершин, плато и т.д. С другой стороны, эвристические методы, к которым относятся генетические алгоритмы, являются наиболее универсальными, однако они не гарантируют нахождения глобального оптимума, являющегося единственным решением задачи. Тем не менее, анализ результатов использования генетических алгоритмов показал, что их применение для решения задач структурной оптимизации наиболее эффективно, т.к. задачи структурной оптимизации обладают следующими особенностями:

- большое пространство поиска, ландшафт которого содержит несколько экстремумов;
- сложность формализации оценки качества решения функцией степени пригодности;
- многокритериальность поиска;
- поиск приемлемого решения по заданным критериям из-за невозможности поиска глобального оптимума.

Рассмотрим использование генетического алгоритма для решения задачи оптимизации компоновки кинематической схемы с точки зрения минимизации площади схемы.

Сформулируем генетическое представление задачи. В качестве индивидуумов будем рассматривать варианты компоновки кинематической схемы, состоящей из заданного числа определенных элементарных кинематических передач (ЭКП). Информацию о конкретной компоновке можно записать в виде одной хромосомы – вектора длины N , где N – число ЭКП в схеме. В первой позиции вектора стоит номер первой ЭКП, расположенной на входном валу, затем – номер второй ЭКП на втором валу по пути обхода схемы и т.д.

По условию задачи в рассматриваемых хромосомах каждый ген (номер ЭКП) может встречаться определенное, заранее заданное число раз. Стандартная операция скрещивания для такого типа хромосом некорректна, поэтому здесь можно использовать более сложную схему двухточечного скрещивания, адаптированную к данной задаче. Ещё одна особенность в применении генетического алгоритма для поставленной задачи возникает, когда необходимо определиться с мутацией. Стандартная операция мутации, изменяющая только одну позицию вектора, недопустима, так как может привести к недопустимой кинематической схеме.

Но можно определить мутацию как перестановку значений двух случайно выбранных генов. При таком преобразовании вид и число ЭКП останутся заданными.

Генетические алгоритмы можно использовать и для решения задач оптимизации структур различных алгоритмов. Рассмотрим в качестве примера алгоритм усечений, относящийся к алгоритмам поиска глобального оптимума. Алгоритм усечений в общем виде включает следующую последовательность операций:

- 1) генерация допустимых начальных точек;
- 2) отбор среди начальных точек нескольких точек, лучших по значениям оптимизируемой функции;
- 3) выполнение шага локального поиска из каждой из отобранных на предыдущем этапе точек;

4) повтор пунктов 2,3 до тех пор, пока не выполняются условия окончания счета.

Очевидно, что количество начальных точек может быть разное, рекомендуется выбирать его от 2 до 4. Кроме того, генерировать начальные точки можно, например, случайным образом или равномерно распределив их по области поиска. Отбор наилучших точек также можно вести несколькими способами, например, с помощью рулетки или по количеству наилучших точек в одной зоне области поиска. В качестве шага локального поиска можно использовать любой алгоритм локальной оптимизации. Структура алгоритма усечений должна задаваться конкретным числом начальных точек, их способом генерации, способом отбора наилучших точек и видом алгоритма локальной оптимизации. Для оптимизации структуры алгоритма усечений можно ввести критерий оптимальности, характеризующий, например, скорость нахождения глобального оптимума.

Определим генетическое описание задачи структурной оптимизации алгоритма усечений. В качестве индивидуумов будем рассматривать варианты структур алгоритма. Информацию о конкретной структуре можно записать в виде одной хромосомы. В первой позиции хромосомы стоит число начальных точек, во второй – способ генерации начальных точек, в третьей – способ отбора наилучших точек, в четвертой – вид алгоритма локальной оптимизации. Для такого типа хромосом может использоваться любой вид операции скрещивания: и одноточечное и двухточечное скрещивание. Для этих хромосом подойдет и стандартная операция мутации.

Найденные с помощью генетического алгоритма компоновка кинематической схемы и структура алгоритма усечений, вероятно, не будут представлять собой глобальные оптимумы, но будут близки к ним - как правило, генетические алгоритмы “ошибаются” не более чем на 5—10%. Этот недостаток компенсируется для комбинаторных задач относительно высокой скоростью работы. Для повышения точности работы генетического алгоритма его можно использовать совместно с другими методами.

Синтез управления электроприводами, связанными через обрабатываемый материал

Опейко О. Ф.

Белорусский национальный технический университет

Основным требованием к системе является необходимость стабилизации линейной скорости и натяжения материала [1,2]. Один из приводов управляет скоростью, а другой привод – натяжением. Рассматривается метод синтеза системы электропривода с двумя входными и двумя выходными величинами, при котором обеспечиваются условия инвариантности до ε в каждой подсистеме по отношению к возмущениям со стороны другой подсистемы. Метод позволяет обходиться без каналов компенсации перекрестных связей, что облегчает настройку такой системы и повышает стабильность ее функционирования.

Представим электроприводы, связанные через обрабатываемый гибкий материал, в виде линеаризованных моделей [3]. Это допустимо в пределах упругой деформации материала, где соблюдается закон Гука, и, следовательно, сила натяжения пропорциональна деформации. Система описывается дифференциальными уравнениями [2].

$$\begin{aligned}
 J_1 \dot{x}_{11} &= x_{12} - b_1 x_{21}, \\
 T_1 \dot{x}_{12} &= -x_{12} - k_{M1} k_1 x_{11} / R_1 + k_{M1} \beta_{\Pi 1} u_1 / R_1, \\
 T_3 \dot{x}_{21} &= -x_{21} + (b_1 x_{11} - b_2 x_{22}) k_3, \\
 J_2 \dot{x}_{22} &= x_{23} - b_2 x_{21}, \\
 T_2 \dot{x}_{23} &= -x_{23} - k_{M2} k_2 x_{22} / R_2 + k_{M2} \beta_{\Pi 2} u_2 / R_2.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Здесь J_1, J_2 – моменты инерции электроприводов, x_{11}, x_{12} – скорость и электромагнитный момент первого электропривода, x_{21} – натяжение материала, x_{22}, x_{23} –

скорость и электромагнитный момент второго электропривода, $T_1, T_2, R_1, R_2, \beta_{\text{П1}}, \beta_{\text{П2}}, b_1, b_2$ - постоянные параметры. Процесс деформации характеризуется постоянной времени $T_3 = l/V_1$ при длине l материала между приводными валами и линейной скорости V_1 . Коэффициент k_3 определяется выражением $k_3 = T_3 E s / l = E s / V_1$. Здесь E - модуль Юнга продольной упругости, s площадь поперечного сечения материала.

Рассмотрим синтез системы, в которой стабилизация скорости осуществляется первым приводом, а стабилизация натяжения - вторым. Сигналы управления подсистем с астатическими регуляторами формируются в виде

$$u_1 = (k_{10} \int_0^{\infty} (x_1^* - x_1) dt + k_{11}(x_1^* - x_1) - x_2) k_{12}, \quad (2)$$

$$u_2 = ((k_{20} \int_0^{\infty} (x_{21}^* - x_{21}) dt + k_{21}(x_{21}^* - x_{21}) - x_2) k_{22} - x_{23}) k_{23}. \quad (3)$$

Расчет коэффициентов усиления $k_{1j}, (j = 0, 1, \dots, 2), k_{2j}, (j = 0, 1, \dots, 2)$ в сигналах управления (2), (3) выполняется при пренебрежении влиянием перекрестных связей. Для первой подсистемы, предназначенной для управления скоростью, полином третьего порядка, соответствующий модульному оптимуму, имеет вид

$$N_1(p) = p^3 + 4\omega_{01} p^2 + 8\omega_{01}^2 p + 8\omega_{01}^3 = p^3 + a_{12} p^2 + a_{11} p + a_{10}. \quad (4)$$

Параметры устройства управления, обеспечивающие модульный оптимум определяются путем приравнивания характеристического полинома первой подсистемы к полиному (4).

Вводя обозначения $k'_{10} = k_{10} \beta_{\text{П1}} k_{M1} k_{12} / R_1, k'_{11} = k_{11} \beta_{\text{П1}} k_{M1} k_{12} / R_1, k'_{12} = k_{12} \beta_{\text{П1}} k_{M1} / R_1$ получим

$$k'_{01} = 8\omega_{01}^3 T_1 J_1, \quad k'_{11} = 8\omega_{01}^2 T_1 J_1 - k_{M1} k_1 / R_1,$$

$$k'_{21} = 4\omega_{01} T_1 - 1. \quad (5)$$

Для второй подсистемы, управляющей натяжением материала, желаемый полином четвертого порядка имеет вид

$$N_1(p) = p^4 + 4\omega_{02} p^3 + 8\omega_{02}^2 p^2 + 8\omega_{02}^3 p + 4\omega_{02}^4 =$$

$$= p^4 + a_{23} p^3 + a_{22} p^2 + a_{21} p + a_{20}. \quad (6)$$

Обозначим

$$k'_{20} = k_{20} k_{22} k_{23} \beta_{\Pi 2} k_{M2} / R_2,$$

$$k'_{21} = k_{21} k_{22} k_{23} \beta_{\Pi 2} k_{M2} / R_2, \quad k'_{22} = k_{22} k_{23} \beta_{\Pi 2} k_{M2} / R_2,$$

$$k'_{23} = k_{23} \beta_{\Pi 2} k_{M2} / R_2$$

$$h_{12} = 8\omega_{02}^2 (\omega_{02} - 1/T_3) - (4\omega_{02} - 1/T_3)(\omega_{00}^2 - 1/T_3^2 + \omega_{00}^2/T_3),$$

$$h_{22} = (8\omega_{02}^2 - \omega_{00}^2 - (4\omega_{02} - 1/T_3)/T_3) / J_2. \text{ Тогда}$$

$$k'_{20} = 4\omega_{02}^4 b_2 T_2 / \omega_{00}^2, \quad k'_{21} = T_2 B_2 h_{12} / \omega_{00}^2,$$

$$k'_{22} = T_2 h_{22} - k_2 k_{M2} / R_2, \quad k'_{23} = (4\omega_{02} - 1/T_3) T_2 - 1.$$

(7)

Полином $R(p)$, зависящий от перекрестных связей подсистем, с учетом обозначений $\omega_0^2 = b_1^2 k_3 / (J_1 T_3)$,

$\omega_{00}^2 = b_2^2 k_3 / (J_2 T_3)$ примет вид

$$R(p) = \omega_0^2 p^2 (p + 4\omega_{01}) (p(p + 4\omega_{02} - 1/T_3) - h_{22})$$

Для коэффициентов полиномов должны выполняться условия, при которых влияние составляющей $R(p)$ пренебрежимо. С учетом выражений (4)-(7) при $|h_{22}| < 8\omega_{02}^2$ получим:

$$\omega_0^2 < \varepsilon \cdot 2\omega_{01}\omega_{02}, \quad (8)$$

Значит, для обеспечения автономности каналов характеристические частоты замкнутых подсистем должны быть значительно выше резонансной частоты ω_0 объекта управления.

Кроме того, при управлении натяжением следует учитывать режим разгона с постоянным ускорением, который должен происходить при допустимых значениях натяжения. В установившемся режиме постоянства заданных ускорений подсистем $\dot{x}_{11} = a/b_1 = const$, $\dot{x}_{22} = a/b_2 = const$, получим

$$x_{21}^* - x_{21} = -a \frac{k_2}{b_2 k_{20}'} \left(1 + \frac{k_{22}'}{k_2}\right). \quad (9)$$

Как видим, в режиме постоянства ускорения имеет место рассогласование по натяжению, определяемое выражением (9). При этом натяжение оказывается выше заданного, $x_{21} > x_{21}^*$. Учитывая (7), получим следующее ограничительное условие для выбора характеристической частоты ω_{02} второй подсистемы

$$x_{21}^* - x_{21} = \frac{a\omega_{00}^2}{4b_2^2 T_2 \omega_{02}^4} \left(T_2 h_{22} - \frac{k_2 k_{M2}}{R_2} + k_2\right). \quad (10)$$

Для относительной величины $v_{02} = \omega_{02} / \omega_{00} > 1$ можно записать выражение, которое связывает наименьшего допустимого значения $v_{02\min}$ относительной характеристической частоты второй подсистемы с наибольшим допустимым натяжением $x_{21\max}$ при заданном ускорении a

$$\begin{aligned} \Delta M_s b_2 / a &= (x_{21\max} - x_{21}^*) b_2^2 / a = \\ &= (8v_{02}^2 - 1 - (4v_{02} - 1/\tau_3) / \tau_3) / (4v_{02}^2) \approx 2/v_{02}^2 \end{aligned} \quad (11)$$

Здесь $\tau_3 = T_3 \omega_{00} = k_3 b_2^2 / J_2$, ΔM_S - составляющая момента на валу второго привода, обусловленная превышением момента силы натяжения над ее заданным значением.

Синтез системы, в которой натяжение регулируется первым приводом, а скорость - вторым, выполняется аналогично. Моделирование выполнено для системы, предназначенной для перемотки стальной проволоки. Если принять $\nu_1 = 1, \nu_2 \geq 4$, что дает $\varepsilon \leq 0,27$ система имеет динамические свойства, близкие к расчетным, причем сила натяжения не выходит за допустимый предел.

Полученные аналитические зависимости позволяют сделать вывод, что для системы с двумя входами и двумя выходами при определенных условиях допустим синтез ее подсистем без учета перекрестных связей, и без их компенсации, что обеспечивается выбором характеристических частот подсистем, достаточно больших по сравнению с собственной частотой объекта.

Литература

1. Барышников, В.Д. Куликов, С.Н. Автоматизированные электроприводы машин бумагоделательного производства. - Л., Энергоиздат, Ленингр. Отделение, 1982.
2. Белов, М. П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для вузов/ М. П. Белов, В. А.Новиков, Л. Н. Рассудов. – 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 578 с.
3. Фираго, Б.И. Теория электропривода: Учеб. пособие / Б. И. Фираго, Л. Б. Павлячик. – Мн.: ЗАО «Техноперспектива», 2004. – 527 с.

Разработка месторождений полезных ископаемых

УДК 622.363.4: 502.51(282.02)

Бром – попутный компонент при добыче и использовании галогеносодержащего природного сырья в Беларуси

Бабец М.А., Фурсиков Г.Л.*

Белорусский национальный технический университет,
Белорусский научно-исследовательский геологоразведочный институт*

С 1998 г. в системе Минприроды Республики Беларусь на базе РУП «Белгеология» действует промысел по добыче высокоминерализованных хлоридно-кальциевых подземных рассолов.

Рассолы добываются из Борисовской залежи высокоминерализованных подземных иодо-бромных вод, расположенной в Октябрьском районе Гомельской области, и используются в различных областях народного хозяйства республики [1], в том числе в агротехнических целях. Их применение в качестве микроудобрения дает существенный положительный эффект, однако, сопровождается избирательным накоплением в растительной продукции таких компонентов, как хлор и бром.

Накопление галогенов носит устойчивый характер. Их содержание в растениях в первый год после внесения удобрения достигает (в клубнях картофеля) хлора, брома, йода, соответственно до (мг/кг): 522,09; 6,78; 21,75; (фоновые в картофеле в районе промысла: хлор – 16,78, бром – 13,84, йод – 24,69). Спустя год после внесения удобрения (в ячмене) хлора - до 1997, брома до 162, йод в растениях не обнаруживается. Распределение галогенов по площади не увязывается с местом первоначального внесения удобрения, что можно объяснить высокой подвижностью ионов хлора и брома, а также возможным техногенным влиянием промысла (расстояние до полей от 50 до 500 м).

Полученные данные более чем на три порядка отличаются от приведенных в [2]: содержание брома в растительной продукции

(капуста, картофель, морковь) $0,015 \div 0,051$ мг/кг, в молочных продуктах $0,03 \div 0,11$ мг/кг, в курином яйце – $0,02$ мг/кг.

Факт аккумуляции брома сельскохозяйственными растениями предполагает наряду с хлором, фтором и йодом более углубленное изучение круговорота этого микроэлемента в биоценозах, расположенных в зонах антропогенного (техногенного) поступления брома в окружающую среду.

Для республики Беларусь, в юго-восточной части которой располагаются зоны галогенеза и по всей территории распространены подземные минеральные воды, содержащие хлор и бром, этот вопрос является актуальным. Данные по содержанию галогенов в межморенных подземных водах г. Минска [3] на 1971 г., свидетельствуют о наличии антропогенного фактора в формировании зон повышенных концентраций хлора, брома и йода в районах жилой застройки (соответственно до $0,13$; $0,35$; $0,02$ мг/л).

Содержание брома в природных водах Беларуси (ручьи, источники, колодцы) в среднем, в тот же период [4] оценивалось величиной от $0,005$ до $0,0770$ мг/л. По данным А. П. Марковой (на 1948 – 1951 г.г.) содержание брома в водоемах (реки, озера) составляло от $0,005$ до $0,0056$ мг/л, в системах скважинного водозабора централизованного водоснабжения г. Минска, Витебска, Пинска – от $0,0013$ до $0,036$ мг/л. Имели место повышенные содержания брома на отдельных объектах (д. Рословичи, Глусского района Минской области, со дна озера – $2,6$ мг/л, д. Велавск, Петриковского района Гомельской области, естественный выход – $0,57$ мг/л). Содержание брома в минеральной воде скважины №2 г. Минска (глубина залегания водоносного горизонта $330 - 390$ м) составляло $1,6$ мг/л. По данным 2004 года в тех же интервалах глубин $343 - 393$ м, $402 - 411$ м (минеральная вода «Минская 3», разливается с 1956 года) содержание брома составляет $2,4$ мг/л при средней общей минерализации $5,95$ г/дм³, в интервале $320 - 360$ м, верхнепротерозойских песчаников (минеральная вода «Минская 4») – $3,9$ мг/л при общей минерализации $3,6$ г/дм³. На 1995 год, согласно исследованиям, выполнявшимся в БелНИГРИ, содержания брома в подземных водах, залегающих непосредственно под зоной активного водообмена составляло в разных районах республики (табл.)

На 2003 год зафиксировано (данные Р.А.Станкевича, БелНИГРИ) содержание брома (мг/л) на скважинных водозаборах подземных вод, используемых для централизованного водоснабжения (в районе Минска): Дрожня 0,13-0,50, Зеленовка - 0,13, Боровляны 0,13-0,50, Новинки 0,27- 0,50, Петровщина 0,40 – 0,50, Вицковщина 0,27 – 1,1. Последние значения содержаний брома сопоставимы с его нормируемым показателем (ПДК=0,2 мг/л). В настоящее время при сложившейся практике централизованного водоснабжения с отбором и смешением подземных вод протерозойских и залегающих выше четвертичных отложений концентрации брома в воде, поступающей к потребителю как правило, не превышают санитарных норм. Тем не менее, с увеличением отборов артезианских вод исключать возможность поступления брома снизу, из гидродинамически не изолированной зоны замедленного водообмена, на наш взгляд нельзя. Влияние антропогенного фактора в интервалах четвертичных отложений составляет вторую половину тех, образно говоря, «ножниц», которые ограничивают, как снизу, так и сверху, интервалы глубин залегания водоносных горизонтов, пригодных для питьевого водоснабжения.

Таблица

Область	Инт-л отбора проб, м	Вг, мг/л	Общая минер. г/л
Витебская обл., р-н Новополоцка	179-272	4,0	1,74
	179-222	0,6	3,2-5,4
	238	20,8	14,56
	269-297	24,8	18,33
	310	20,8	14,56
Могилевская обл.	175,6-200	1,2	3,23
	188,0-225,6	37,6	2,92
	270-278	28	53
Гомельская обл., р-н Рогачева	178-220	6,4	6,86
	211-228	9,6	6,31-6,86
		6,4	
		4,0	
	256-277,2	15,6	15,4

Исследования, выполнявшиеся в СССР более 30 лет назад для регионов, где население потребляет воду с содержанием брома до 4,38 мг/л [5], подозрение на патологии (бромизм) не подтвердили. В то же время, согласно данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), броматы считаются канцерогенным компонентом. Бром и его соединения могут оказывать влияние на репродуктивную функцию женского организма.

Таким образом, территориальное распространение бромсодержащих вод, наличие сильнодействующих антропогенных факторов (добыча калийных и каменной соли, промышленных рассолов, Мозырские солепромыслы, широкое применение песчано-солевых смесей в зимний период времени и др.) обуславливают необходимость как дальнейшего мониторинга и оценки гидрогеохимической ситуации в частности, так и экологической в целом.

Литература

1. Грибик, Я.Г., Фурсиков, Г.Л., Бабец, М.А. Применение природных высокоминерализованных рассолов в народном хозяйстве. – Журнал «Вода» Минжилкоммунхоза РБ, январь 2003, №1. – С. 20-22.
2. Коломийцева, М.Г., Габович, Р.Д. Микроэлементы в медицине. – Медицина, М. – 1970, 288 с.
3. Остапеня, П.В., Гельфер, Е.А. Влияние антропогенного фактора на содержание некоторых биологически активных макроэлементов в природных водах. Материалы семинара: «Применение ландшафтно-геохимических методов исследований в Прибалтике и Беларуси». – Ин-т геохимии и геофизики АН БССР. – Изд-во «Наука и техника». – Минск 1972. – с.34-37
4. Лукашев, К.И., Маркова, А.П. Микроэлементы в природных водах районов распространения лессовых пород Беларуси. – Доклады АН СССР 1963. – Том 13, №6 – с. 1436-1470.
5. Родькин, В.П. Бор и бромсодержащие подземные воды, их распространение на юге Омской области и влияние на здоровье населения. – Минздрав РСФСР, Омский государственный институт. Омск, 1974.

Горные машины

Пути модернизации уборочных машин фрезерного торфа

Басалай Г. А.

Белорусский национальный технический университет

Ежегодные объемы добычи фрезерного торфа на брикетирование в Республике Беларусь составляют свыше 2,4 млн. тонн. На всех предприятиях данная программа реализуется однотипным технологическим комплексом машин, выполняющих поверхностно-послойное фрезерование залежи, ворошение сушимой в естественных условиях сфрезерованной крошки, валкование и уборку торфа в полевые складочные единицы - штабели.

Принципиальные конструктивные схемы основных машин фрезерного способа добычи торфа были отработаны в середине прошлого столетия и нашли широкое применение на торфопредприятиях по всей территории СССР. В дальнейшем они претерпели ряд модернизаций с целью увеличения ширины захвата или емкости бункера с сопутствующими этому более высокими эксплуатационными показателями исполнительных рабочих органов. Все машины проектировались прицепными к гусеничным тракторам класса тяги 3, основными из них в последние 30 лет являлись Т-74, Т-4 и ДТ-75.

Анализ зарубежного опыта показывает, что в торфодобывающих странах Западной Европы и Северной Америки при всей схожести технологических процессов широкое распространение получили машины, агрегируемые с колесными тракторами кл. тяги 2 - 5. При этом предпочтительным остается способ добычи фрезерного торфа из наращиваемых валков, который в последние годы интенсивно осваивают и на ряде предприятий Ленинградской области России.

Уборочные прицепные машины фрезерного торфа типа УМПФ конструктивно включают гусеничный движитель, раму с прицепным устройством, скрепер, ковшовый элеватор и бункер с подвижным дном, а также механический привод рабочих органов от заднего вала отбора мощности тягача и гидросистему управления. Наиболее распространенными в настоящее время являются машины МТФ-43А, созданные для агрегатирования с гусеничными тракторами ДТ-75Б.

Основные технические данные МТФ-43А: емкость бункера - 17 м^3 ; ширина захвата по валку - (3,2 – 3,8) м; рабочая скорость, - (2,2 – 2,7) м/с; эксплуатационная масса – 6300 кг; давление на залежь (без торфа) - 17,5 кПа.

Планируемая сезонная программа на один уборочный МТА по нормативам концерна «Белтопгаз» составляет 20 тыс. тонн, при этом пробег агрегата – (5-8) тыс.км.

Производственные испытания на предприятиях «Зеленоборское» и «Усяж», проведенные авторами, показали, что крюковое усилие на передвижение порожней машины МТФ-43А составляет около 7 кН, а с полным бункером – (12-16) кН. Это позволяет эффективно эксплуатировать сегодня данные машины на ряде торфопредприятий концерна «Белтопгаз» в агрегате с отечественными колесными тракторами класса тяги 2, оборудованными специальными двигателями.

Теоретические исследования и практический опыт открывают основные пути дальнейшей модернизации уборочных машин для обеспечения надежности работы агрегатов, снижения металлоемкости конструкции и энергоемкости выполнения технологической операции, повышения производительности.

Потенциальную возможность модернизации и оценку эффективности результата проведем с использованием относительных показателей, разработанных для конкретной машины и процесса. В частности, отношение эксплуатационных масс прицепной машины и тягача для машинно-тракторного агрегата (МТА) в составе уборочной машины МТФ-43А с гусеничным трактором ДТ-75Б равно 0,9-1,3 для пустой и с торфом, соответственно; с колесным трактором МТЗ-1021 – в 1,4 раза выше. Таким образом, во втором варианте снижается коэффициент запаса по сцеплению, а значит, повышается вероятность потери проходимости при прохождении МТА участков на технологических картах с повышенной влажностью эксплуатационного слоя. Вторым характерным показателем для бункерных машин с самозагрузкой является удельная масса агрегата к единице перевозимого груза. Для вышеуказанных МТА он равен 780 кг/м^3 и 650 кг/м^3 , или при средней плотности убираемого фрезерного торфа 400 кг/м^3 – соответственно 312 и 260 кг/кг груза. Снижение показателя на 17% обеспечивает существенную экономию топлива на передвижение более легких агрегатов. Третьим по-

казателем могут выступать удельные затраты на передвижение гусеничных и колесных движителей по осушенной торфяной залежи. Результаты тяговых испытаний показывают, что для колесных движителей на пневматических колесах с шинами низкого давления удельное сопротивление передвижению на (10–15)% ниже по сравнению с гусеничными. Здесь следует учитывать, что давление в пятне контакта колес допускается иметь в пределах (60-80)кПа, для гусениц – (20-27) кПа. Постоянное маневрирование МТА в рабочем цикле «уборка–разгрузка» вызывает дополнительные затраты энергии на поворот и снижение поступательной скорости. По этому признаку многоосные системы с управляемыми колесами и свободными шарнирами в сцепках звеньев более эффективны по сравнению с бортовой схемой поворота колесных машин и, особенно, перед гусеничными движителями.

Удельная металлоемкость основных составных частей к общей массе машины для МТФ-43А равна: гусеницы – 0,254; рама с прицепным устройством - 0,114; ковшовый элеватор со скрепером – 0,178; бункер с подвижным дном – 0,238. Таким образом, наиболее металлоемкими являются движитель и бункер с выгрузным конвейером. Ковшовый элеватор помимо повышенной металлоемкости и значительных габаритов имеет еще один существенный недостаток применительно к данной машине. Он транспортирует весь убираемый торф с уровня опорной поверхности на высоту 4,8 м, при этом центр масс груза в полном бункере имеет вертикальную координату примерно 2,2 м. Значит, для высокого бункера являются неоправданно высокими расходы по потенциальной энергии, которые в данной конструкции в 2,1 раза превышают теоретически необходимые.

Привод рабочих органов включает цилиндрический и конический редукторы, цепные передачи, а также карданный телескопический и промежуточный валы. Если принять во внимание, что КПД элеватора и конвейера равен 0.75, то с учетом потерь в развернутом приводе его значение снижается до 0,63. Для элеватора затраты мощности на привод равны (3-5) кВт и, на первый взгляд, не оказывают существенного влияния на общие энергетические затраты двигателя, несмотря на то, что он работает постоянно при выполнении рабочего прохода. Конвейер подвижного дна, наоборот, включается только во время выгрузки

ки на (15-20) с, однако потребляемая мощность в момент трогания составляет (25-40) кВт. Таким образом, и в расходовании мощности на привод рабочих органов имеются резервы для повышения эксплуатационных показателей.

На основании проведенного анализа и достижения желаемых результатов можно сформулировать три направления модернизации уборочных машин фрезерного торфа для высокоэффективной эксплуатации с колесными тракторами.

Первый путь предусматривает улучшение относительных показателей по удельной металлоемкости и энергозатратам на выполнение технологической операции, а также повышение надежности привода рабочих органов без изменения принципиальной компоновочной схемы машины. Например, привод разгрузочного конвейера целесообразно оборудовать аккумулярующим устройством или управляющими заслонками. В частности, на конструкцию «Привод подвижного дна ...» авторами получено Решение Национального центра интеллектуальной собственности (№ и20050804 от 28.02.2006 г.) о выдаче патента на полезную модель. В остальном следует признать, что резервы данного направления уже реализованы предыдущими модернизациями.

Второй путь модернизации характеризуется заменой отдельных составных частей машины. Например, перевод машины МТФ-43А на колесный движитель, что уже реализовано с непосредственным участием авторов. Сегодня ведется разработка эскизного варианта полуактивного двухосного движителя с согласованием его кинематических параметров от поступательной скорости тягача, а также синхронное изменение частоты вращения ведущего вала элеватора. Принципиальной конструктивной особенностью предлагаемых вариантов является максимальная унификация сборочных единиц с автотракторными движителями.

Наиболее перспективным является третье направление - кардинальное изменение, как конструктивной схемы, так и процесса уборки фрезерного торфа из валков с погрузкой в бункер и выгрузки его в навалы вдоль штабеля.

По движителю оправданным является переход на колесный вариант с двумя осями со спаренными колесами или арочными шинами низкого давления. При этом колеса одной из осей

управляемые, а ширина колеи разная - для исключения повторного прохода колес по следу многоосного агрегата. Следует обратить внимание, что колея задней оси существенно влияет на поперечную координату точки выгрузки торфа из бункера в валы.

Погрузочным устройством может быть наклонный скребковый конвейер с нижней рабочей ветвью, работающий по принципиальной схеме самотаски штабелюющей машины. Для него достаточно создать короткий желоб от загрузочного окна до касания со стенкой бункера.

Существенные преимущества открывает переднее расположение скрепера с конвейером по отношению к бункеру, так как обеспечивает минимальную траекторию убираемого торфа из валка в бункер. Освободившееся пространство сзади бункера позволяет установить узкую в пределах до 1,5м поворотную ось.

Рационально сохранить общую форму нижней части бункера в виде опрокинутой усеченной пирамиды или конуса с максимальным габаритом большего основания до 3,5м и с учетом угла естественного откоса фрезерного торфа, т.е. (38-43)°. Тогда выгрузку основной части объема торфа можно обеспечить простым открыванием бокового люка. Применение движителя с узкой задней осью не требует транспортировать торф при боковой выгрузке на расстояние 3м, как это имеет место в существующих машинах. Окончательная выгрузка реализуется по традиционной схеме с применением подвижного механического дна или, например, созданием направленного псевдооживленного слоя от компрессора или вентилятора. Реализация данной схемы позволяет до 35% снизить эксплуатационную массу машины.

Первые два пути модернизации успешно реализуются в ремонтно-механических мастерских предприятий. Третье направление следует признать как разработка уборочной машины фрезерного торфа нового поколения и требует привлечения проектных организаций и машиностроительных заводов.

Таким образом, выполненный в работе комплексный анализ применения уборочных машин фрезерного торфа позволил определить основные пути их дальнейшей модернизации для успешного решения народнохозяйственной проблемы по увеличению доли местных видов топлива в энергетическом балансе республики.

**Методика оценки навесоспособности трактора при работе
с эшелонированной навеской**

Таяновский Г.А.

Белорусский национальный технический университет

Под навесоспособностью понимается допустимая масса навешиваемого на трактор оборудования или груза.

Методика определяет цель, принципы и порядок оценки статической и динамической навесоспособности колесного трактора с эшелонированной навеской, расчетные схемы машинотракторного агрегата (МТА), математические выражения условий-ограничений и оценочных измерителей навесоспособности и нагруженности несущих элементов мостов колесного трактора при стационарных режимах движения.

Ограничения, накладываемые на массу навешиваемого груза, связаны с необходимостью гарантированного соблюдения требований к показателям ряда эксплуатационных свойств трактора и с ограничениями на параметры элементов конструкции трактора, которые он содержит, например, шины колес, гидроцилиндры привода навесных механизмов, балки и рукава мостов.

Несоблюдение упомянутых ограничений приводит к нарушению требований безопасной эксплуатации, прочности несущих элементов и самих механизмов навески, ухудшению технико-экономических показателей МТА.

Навесоспособность зависит от параметров трактора, ограничивается допустимыми уровнями вертикальных нагрузок на мосты, шины, их средних давлений на почву, значениями общей массы агрегата, показателями устойчивости, управляемости, грузоподъемности навесных механизмов и оценивается допустимыми массами навесок на трактор, в зависимости от структурного построения конкретного навесного МТА.

Современные тракторы наряду с задними навесными системами оборудуются также передними и внутрибазовыми навесными системами, что обеспечивает возможность использования этих тракторов в составе многооперационных многомашинных агрегатов за счет эшелонированной или комбинированной навески. Причем работоспособность и эффективность таких агре-

готов во многом обуславливается правильным выбором параметров навесоспособности тракторов.

Цель оценки навесоспособности трактора состоит в обеспечении его безопасности, надежности выполнения работы по назначению, прочности конструкции, норм воздействия на опорную поверхность путем правильного выбора массы и расположения центра масс навешиваемой на трактор машины, оборудования или орудия еще на стадии формирования тракторного агрегата.

За показатель навесоспособности МТА с конкретной конструктивной схемой навешивания оборудования на трактор принимается минимальное значение массы навески, определенное по перечисленным ранее ограничивающим это значение факторам.

Решение задачи оценки параметров навесоспособности тракторов является необходимым и обязательным при создании нового трактора и составлении каждого МТА на его базе.

Оценка показателей навесоспособности трактора, в том числе при наличии грузов одновременно на передней, внутрибазовой и задней навесных системах (см. рис. 1) производится с учетом следующих показателей – условий-ограничений:

- 1 - продольной устойчивости;
- 2 - управляемости тракторного агрегата;
- 3 - грузоподъемности шин тракторных колес;
- 4 - давления шин колес трактора на почву;
- 5 - грузоподъемности навесных систем трактора по допускаемому усилию на штоке гидроцилиндра(ов) привода.

Наличие условий-ограничений предписано существующими стандартами по безопасности трактора, ССБТ, обусловлено конкретными стандартами на технические характеристики и параметры составных частей, сборочных единиц и деталей трактора [1]. Значения критерия продольной устойчивости в нормативно-технической документации отсутствуют, и продольная устойчивость трактора в составе МТА обычно оценивается критерием управляемости [1]. Однако накопленные научные данные показывают, что в качестве условия-ограничения

продольной устойчивости следует использовать допустимый опрокидывающий момент от задней или передней навески, который не должен превышать определенной доли восстанавли-

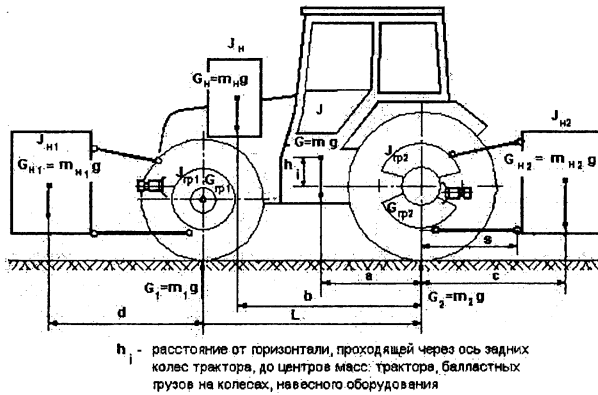


Рис. 1. Обобщенная схема комбинированной навески колесного трактора «Беларус»

вающего момента от эксплуатационной массы трактора в составе МТА, что обеспечивает необходимые запасы его продольной устойчивости.

В работе получены выражения для показателей, которые комплексно характеризуют навесоспособность трактора при характерных типовых схемах агрегатирования и наличии различных комбинаций навесок. В технологии электронных таблиц изложенная методика запрограммирована и отдельно из таблицы вызывается на исполнение разработанное программное приложение для оценки динамической навесоспособности при движении трактора по случайному микропрофилю опорной поверхности, при этом определяются коэффициенты динамической нагрузки на несущие элементы трактора.

Литература

1. Разоренов, Н.А., Таяновский, Г.А. Интегрированный программно-информационный комплекс проектного анализа тракторных агрегатов. В Респ. межвед. сб. научн. трудов: Современные методы проектирования машин. Вып. 2. В 7 томах. – Т. 6 Автоматизация проектирования и информационные технологии. – Мн.: УП «Технопринт», 2004. – 196 с., с.10-16.

Оценка устойчивости вертикальных пневмотранспортных потоков

Петренко С. М.

Белорусский национальный технический университет

При вертикальном пневмотранспорте возможны режимы, когда возникает явление "захлебывания" – закупорки трубопровода выпадающими вниз частицами твердой фазы. Это явление возникает, когда отнесенная к единице массы сила аэродинамического взаимодействия $F_{вз} = g (v - v_m)^2 / v_s^2$ становится равной или меньше величины ускорения свободного падения g . Соответственно устойчивый вертикальный пневмотранспорт вверх обеспечивается при истинной объемной концентрации c твердой фазы больше некоторого минимального для заданной совокупности параметров режима пневмотранспортирования значения $c_{min} = 1 - (v - v_m)^2 / v_s^2$. Здесь v и v_m – действительные (определяемые с учетом стеснения поперечного сечения трубопровода твердой фазой) скорости сплошной и твердой фаз, а v_s – действительная скорость витания частиц твердой фазы.

Началу неустойчивого режима вертикального пневмотранспорта соответствует момент перехода к "витанию" столба частиц твердой фазы в пневмотранспортном трубопроводе, когда $v_m = 0$ (режим псевдооживленного слоя) и критическое значение объемной концентрации $c_{кр} = v^2 / v_s^2$. Но определение из опыта действительных скоростей v^2 и v_s^2 сопряжено с большими трудностями. Поэтому представляет интерес оценка $c_{кр}$ по приведенным (без учета стеснения сечения потока частицами) параметрам – приведенной скорости $\mathcal{V} = v / (1 - c)$ сплошной фазы и приведенной скорости витания \mathcal{V}_s частиц твердой фазы.

На основе анализа работ В.А. Успенского, П.В. Лященко, А.М. Годена, А.Д. Минца, М.Э. Азрова и О.Н. Тодеса и др. прием, что

$$v_s = \mathcal{V}_s (1 - c)^n. \quad (1)$$

Тогда

$$\frac{\mathcal{V}^2}{(1 - c)^2} = \mathcal{V}_s^2 (1 - c)^{2n},$$

откуда

$$c_{кр} = (\mathcal{G} / \mathcal{G}_s)^{\frac{1}{n+1}}. \quad (2)$$

Выражение (2) позволяет определить по известным расходным параметрам \mathcal{G} и \mathcal{G}_s значение действительной объемной концентрации, соответствующей прекращению движения твердой фазы против сил тяжести. Значения n следует принимать из опытных зависимостей вида (1) для конкретной твердой фазы. В первом приближении можно использовать корреляцию Ричардсона и Заки [1], которые получили для автомодельного режима обтекания $n = 1,39$. Тогда показатель степени в (2) $k = 1/(n+1) = 0,418$. Для процесса расширения кипящего слоя получено [2] значение $n = 1,375$, для которого $k = 0,421$.

Для проверки соотношения (2) использованы результаты Броунштейна Б.И. и Щеголева В.В. [3], которые рассматривали взаимопроникающее движение твердой и сплошной фаз в поле сил тяжести с силой межфазного взаимодействия в виде суммы двух сил: сил вязкого трения на основе корреляции Ричардсона и Заки и силы, связанной с воздействием присоединенных к частицам масс. Авторы получили, что для реализации однонаправленного восходящего движения фаз против гравитационных сил необходимо выполнение условия

$$c > 1 - (\mathcal{G} / \mathcal{G}_s)^{\frac{2-l}{3-l+n}},$$

где для турбулентного режима обтекания частиц $l = 0$, $n = 1,78$. Подстановка этих значений дает показатель степени $k = 0,418$, что соответствует полученному из (2) значению для $n = 1,39$ (корреляция Ричардсона и Заки).

Литература

1. Richardson, J. F., Zaki, W.W. // Trans. Instn. Chem. Engrs. 1954. V.32. P.38.
2. Аэров, М. Э., Тодес, О. М. Гидравлические и тепловые основы работы аппаратов со стационарным и кипящим зернистым слоем. Л.: Химия, 1968. – 560 с.
3. Броунштейн, Б. И., Щеголев, В. В. Гидродинамика, массо- и теплообмен в колонных аппаратах. Л.: Химия, 1988. – 336 с.

Металлургические технологии

Экспериментально-теоретические исследования теплового и термонапряженного состояния непрерывнолитых заготовок при нагреве в печах современных конструкций

Тимошпольский В.И., Ратников П.Э., Грибок Д.К., Савань П.Н.
Белорусский национальный технический университет

Исследование процесса нагрева слитков и заготовок в промышленных печах современных конструкций представляет собой сложную задачу. В связи с этим был применен системный подход, который включает экспериментальные исследования, разработку математических методов, идентификацию решения и в дальнейшем разработку рациональных теплотехнологий. В соответствии с системным подходом в условиях РУП «БМЗ» проведены экспериментальные исследования по изучению динамики нагрева заготовок сечением 250×300 мм из стали ШХ15СГ в печи с шагающими балками стана 850 [1].

В ходе эксперимента установлено, что произошло разрушение непрерывнолитой заготовки, свидетельствующее о превышении термическими напряжениями предела прочности. Это приводит к необходимости расчета термонапряженного состояния металла. Для решения данной задачи разработаны теоретические методы расчета полей температур и напряжений в заготовках при нагреве в печах современных конструкций [2,3]. Математическая модель нагрева имеет вид:

$$a \left[\frac{\partial^2 T}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial x_2^2} \right] = \frac{\partial T}{\partial t}; \quad (1)$$

$$\lambda \left. \frac{\partial T}{\partial x_i} \right|_{x_i=H} = \alpha [T_r(t) - T(x_1, x_2, t)] \Big|_{x_i=H_i}; \quad \left. \frac{\partial T}{\partial x_i} \right|_{x_i=0} = 0; \quad (2)$$

$$V_r(\tau) c_r \frac{\partial T_r}{\partial t} = \alpha(t) [T_r(t) - \bar{T}_n(t)] 2A - c_r (T_{гор} - T_r(t)) \left| \frac{dV(\tau)}{dt} \right|; \quad (3)$$

$$T(x_1, x_2, 0) = T' = T_0 = \text{const}; \quad T_r(0) = T_r'' = \text{const}, \quad (4)$$

где $A = 2LH$ – площадь боковой стороны поверхности призмы; L – длина заготовки; T' , T_r'' – температура тела на входе и газа на выходе из методической зоны, $T_{гор}$ – температура горения топлива, $V_r(\tau)$ – объемный расход газа на 1 заготовку,

выражение (3) представляет собой условие теплового баланса в интегральной форме, где $\bar{T}_n(t)$ – среднеинтегральная по периметру температура поверхности; $\alpha(t)$ – изменяющийся во времени приведенный суммарный коэффициент теплоотдачи.

Решение задачи (1)...(4) в безразмерном виде:

$$\theta_2(\xi_1, \xi_2, \tau) = \theta_r(\tau) - \frac{f_2(\tau)}{2} \left[\frac{2 + \text{Bi}(\tau)}{\text{Bi}(\tau)} - \frac{\xi_1^2 + \xi_2^2}{2} \right] - \frac{\text{Bi}(\tau)}{2\Phi(\tau)} \left[\frac{(2 + \text{Bi}(\tau)) [\text{ch}(\mu(\tau)\xi_1) + \text{ch}(\mu(\tau)\xi_2)]}{\text{Bi}(\tau)} - \xi_1^2 \text{ch}(\mu(\tau)\xi_2) + \xi_2^2 \text{ch}(\mu(\tau)\xi_1) \right], \quad (5)$$

$$\theta_r(\tau) = 1 + \int_{\tau_0}^{\tau} f_2(\eta) \Psi(\eta) d\eta,$$

$$\Psi(\tau) = \frac{\text{Bi}(\tau) N(\tau)}{2} \left[\frac{(6 + \text{Bi}(\tau))}{3\text{Bi}(\tau)} - \frac{\mu(\tau) \text{ch}(\mu(\tau)) (5 + 3\text{Bi}(\tau)) + 6\text{sh}(\mu(\tau))}{6\mu(\tau) [\text{Bi}(\tau) \text{ch}(\mu(\tau)) + \mu(\tau) \text{sh}(\mu(\tau))]} \right], \quad (6)$$

Расхождение расчетных и экспериментальных данных не превышает 4 % (рис. 1), что говорит об адекватности предложенной математической модели.

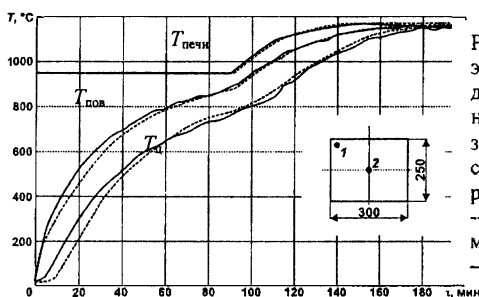


Рис. 1. Сравнение экспериментальных данных по нагреву непрерывнолитой заготовки 250×300 мм из стали ШХ15СГ с расчетными данными: -- результаты моделирования; — эксперимент

При решении задачи термоупругости в качестве исходных данных использовались результаты, полученные на предыдущем этапе. Математическая модель задачи термоупругости имеет вид:

$$\nabla^2 \Phi = \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} = (1 + \nu)(1 - \nu) \alpha_T T(x, y, \tau); \quad (7)$$

$$\nabla^2 \nabla^2 \Psi = \frac{\partial^4 \Psi}{\partial x^4} + \frac{2\partial^4 \Psi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \Psi}{\partial y^4} = 0. \quad (8)$$

где α_T и ν – соответственно коэффициенты температурного расширения и Пуассона.

Температурные напряжения определены через термоупругий потенциал Φ и функцию Эри Ψ следующим образом:

$$\sigma_x = \frac{\partial^2(2E\Phi - \Psi)}{\partial y^2}; \quad \sigma_y = -\frac{\partial^2(2E\Phi - \Psi)}{\partial x^2}; \quad \tau_{xy} = \frac{\partial^2(2E\Phi - \Psi)}{\partial x \partial y}; \quad (9)$$

$$\sigma_z = \left[\frac{1}{H} \int_0^H \int_0^H T(x, y, \tau) dx dy - T(x, y, \tau) \right] - \nu \left[\frac{1}{H} \int_0^H \int_0^H \nabla^2 \Psi dx dy - \nabla^2 \Psi \right]. \quad (10)$$

При этом решение данной системы уравнений должно удовлетворять однородным граничным условиям

$$\sigma_x(x, y, \tau)|_{x=\pm H} = 0; \quad \sigma_y(x, y, \tau)|_{y=\pm H} = 0; \quad \tau_{xy}(x, y, \tau)|_{x=\pm H} = \tau_{yx}(x, y, \tau)|_{x=\pm H} = 0. \quad (11)$$

Решение задачи в безразмерной форме имеет вид:

$$\begin{aligned} \overline{\sigma_x} &= \frac{\partial^2(\varphi - \psi)}{\partial \xi_2^2} = -(30f\xi_2^4 + g(2\xi_1^4 + 12\xi_1^2\xi_2^2) + (k-e)2 + 12\xi_2^2(h-c) + 2s\xi_1^2) + \\ &+ a[\mu^2(\tau)\text{ch}(\mu(\tau)\xi_2)\xi_1^2 + 2\text{ch}(\mu(\tau)\xi_1)] + b[\mu^2(\tau)\text{ch}(\mu(\tau)\xi_2)\xi_1^4 + 12\text{ch}(\mu(\tau)\xi_1)]; \\ \overline{\sigma_y} &= \frac{\partial^2(\varphi - \psi)}{\partial \xi_1^2} = -(30f\xi_1^4 + g(2\xi_2^4 + 12\xi_1^2\xi_2^2) + (k-e)2 + 12\xi_1^2(h-c) + 2s\xi_2^2) + \\ &+ a[\mu^2(\tau)\text{ch}(\mu(\tau)\xi_1)\xi_2^2 + 2\text{ch}(\mu(\tau)\xi_2)] + b[\mu^2(\tau)\text{ch}(\mu(\tau)\xi_1)\xi_2^4 + 12\text{ch}(\mu(\tau)\xi_2)]; \\ \overline{\tau_{xy}} &= \frac{\partial^2(\varphi - \psi)}{\partial \xi_1 \partial \xi_2} = -(8g\xi_1\xi_2^3 + 8g\xi_2\xi_1^3 + 4s\xi_1\xi_2) + a[2\mu(\tau)\text{sh}(\mu(\tau)\xi_2)\xi_1 + 2\mu(\tau)\xi_2\text{sh}(\mu(\tau)\xi_1)] + \\ &+ b[4\mu(\tau)\text{sh}(\mu(\tau)\xi_2)\xi_1^3 + 4\mu(\tau)\text{sh}(\mu(\tau)\xi_1)\xi_2^3]; \quad (12) \\ \overline{\sigma_z} &= \left[\int_0^1 \int_0^1 \mu(\xi_1, \xi_2, \tau) d\xi_1 d\xi_2 - u(\xi_1, \xi_2, \tau) \right] - \nu \left[\int_0^1 \int_0^1 \nabla^2 \Psi(\xi_1, \xi_2, \tau) d\xi_1 d\xi_2 - \nabla^2 \Psi(\xi_1, \xi_2, \tau) \right] = \\ &= \frac{f_2(\tau)}{2} \left\{ \frac{1}{3} - \frac{\xi_1^2 + \xi_2^2}{2} - \frac{(2 + \text{Bi}(\tau))}{Z(\tau)} \left[\text{ch}(\mu(\tau)\xi_2) + \text{ch}(\mu(\tau)\xi_1) \right] - \frac{2\text{sh}(\mu(\tau))}{\mu(\tau)} \right\} - \\ &- \frac{\text{Bi}(\tau)}{Z(\tau)} \left[\xi_1^2 \text{ch}(\mu(\tau)\xi_2) + \xi_2^2 \text{ch}(\mu(\tau)\xi_1) - \frac{2\text{sh}(\mu(\tau))}{3\mu(\tau)} \right] - \nu \left\{ f \left(\frac{2}{7} - \xi_1^6 - \xi_2^6 \right) + g \left(\frac{2}{15} - \xi_1^2 \xi_2^4 - \xi_1^4 \xi_2^2 \right) \right. \\ &\left. + h \left(\frac{2}{3} - \xi_1^4 - \xi_2^4 \right) + k \left(\frac{2}{3} - \xi_1^2 - \xi_2^2 \right) + s \left(\frac{1}{9} - \xi_1^2 \xi_2^2 \right) \right\}. \quad (13) \end{aligned}$$

Полученные решения были использованы для разработки рациональных теплотехнологических режимов нагрева

непрерывнолитых заготовок в нагревательных печах с механизированным подом РУП «Белорусский металлургический завод».

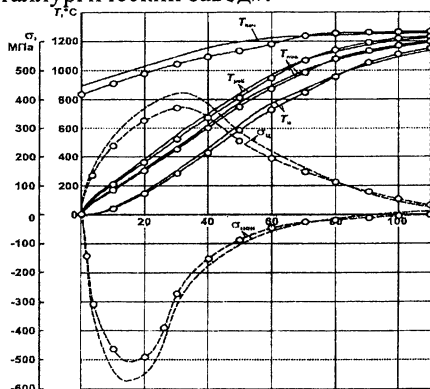


Рис. 2. Сравнение температур в характерных точках сечения заготовки размером 250x300 мм марки ст. 3 при нагреве в печи стана 850 по заводскому (—) и предлагаемому (—○—) режимам и величин возникающих термонапряжений по заводскому (-----) и предлагаемому (---○---) режимам.

Рациональный режим нагрева заготовок в печи стана 850 РУП «БМЗ» (на примере стали Ст. 3) приведен на рис. 2 и предполагает снижение температуры печи в методической и первой сварочной зонах и повышение во второй сварочной. Внедрение нового режима позволило снизить удельный расход условного топлива на 1,3 кг.т/т, производительность повышена на 9 % по сравнению с заводским режимом.

Литература

1. Новые экспериментальные исследования процессов нагрева металла в печах с механизированным подом РУП «БМЗ» / В.И. Тимошпольский, И.А.Трусова, П.Э.Ратников // Литье и металлургия.- 2002.- № 4.- С.148-154.
2. Тимошпольский, В.И., Постольник, Ю.С., Андрианов, Д.Н. Теоретические основы теплофизики и термомеханики в металлургии. – Минск. «Бел. Наука», 2005 г. – 560 с.
3. Тепловой и термомеханический расчет нагрева массивных слитков и заготовок в противоточном режиме./ Ю.С. Постольник, П.Э. Ратников и др. // Литье и металлургия. – 2003. – № 3. – С.165-170.

Решение задачи затвердевания слитка в изложнице и последующего нагрева металла с повышенным теплосодержанием в ячейке нагревательного колодца

Тимошпольский В.И., Кабишов С.М., Савань П.Н.
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время на металлургических и машиностроительных предприятиях одной из наиболее актуальных проблем является уменьшение энергозатрат на производство металлопродукции.

Анализ технической литературы по данному вопросу показал, что для получения максимального эффекта в плане уменьшения топливopotребления при нагреве металла в нагревательных колодцах необходимо рассматривать всю технологическую цепочку получения металлопродукции «разливка и затвердевание стали в изложнице – транспортировка слитка (охлаждение на воздухе) – посад и нагрев в ячейке нагревательного колодца» [1-4].

Учитывая сказанное, была сформулирована математическая модель совмещенного процесса «затвердевание – охлаждение – нагрев слитков» [1]. Температурное поле в системе «слиток – изложница» для всего совмещенного технологического процесса можно описать единым дифференциальным уравнением нестационарной теплопроводности (1):

$$c_i(T)\rho_i(T)\frac{\partial T_i}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda_i(T)\frac{\partial T_i}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\lambda_i(T)\frac{\partial T_i}{\partial y} \right], \quad (1)$$

где индексом $i = 1$ обозначены величины, относящиеся к слитку (в области $0 \leq x \leq b_x; 0 \leq y \leq b_y$); $i = 2$ – к изложнице (в области $b_x \leq x \leq dx; b_y \leq y \leq dy$) и, кроме того,

$$\rho_1 = \begin{cases} \rho_{\text{т}}(T) & \text{при } T_1 < T_{\text{сол}}, \\ \frac{\rho_{\text{т}} + \rho_{\text{ж}}}{2} & \text{при } T_{\text{сол}} < T_1 < T_{\text{лик}}, \\ \rho_{\text{ж}} & \text{при } T_1 > T_{\text{лик}}; \end{cases}$$

$$\lambda_1 = \begin{cases} \lambda_{\text{т}}(T) & \text{при } T_1 < T_{\text{сол}}, \\ \frac{\lambda_{\text{т}} + \lambda_{\text{ж}}}{2} & \text{при } T_{\text{сол}} < T_1 < T_{\text{лик}}, \\ \lambda_{\text{ж}} & \text{при } T_1 > T_{\text{лик}}; \end{cases} \quad (2)$$

$$c_1 = \begin{cases} c_T(T) & \text{при } T_1 < T_{\text{сол}}, \\ c_T - L \frac{d\psi}{dT} & \text{при } T_{\text{сол}} < T_1 < T_{\text{лик}}, \\ c_{\text{ж}} & \text{при } T_1 > T_{\text{лик}}, \end{cases}$$

где $\psi = (C_{\text{ж}} - C_0)/(C_{\text{ж}} - C_T)$; C_0 – исходная концентрация углерода в стали.

Принимая гипотезу о мгновенном заполнении изложницы расплавом; запишем краевые условия для уравнения

$$(1): T(x, y, 0) = \begin{cases} T_{1,0} & \text{для слитка,} \\ T_{2,0} & \text{для изложницы.} \end{cases} \quad (3)$$

На оси симметрии

$$-\lambda_1 \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0; \quad -\lambda_1 \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{y=0} = 0. \quad (4)$$

На границе слитка и изложницы имеется двухслойная контактная зона, состоящая из газового зазора $\delta_3 = \delta_3(t)$ и неметаллического слоя на внутренней поверхности изложницы δ_n . Учитывая данное обстоятельство, граничное условие для системы «слиток – изложница» запишем в виде:

$$\begin{aligned} -\lambda_1(T) \frac{\partial T_1}{\partial x} &= (T_1 - T_n) \left(\frac{\lambda_3}{\delta_3} + \alpha_n \right) = (T_n - T_2) \frac{\lambda_n}{\delta_n} = -\lambda_2(T) \frac{\partial T_2}{\partial x}; \\ -\lambda_1(T) \frac{\partial T_1}{\partial y} &= (T_1 - T_n) \left(\frac{\lambda_3}{\delta_3} + \alpha_n \right) = (T_n - T_2) \frac{\lambda_n}{\delta_n} = -\lambda_2(T) \frac{\partial T_2}{\partial y}, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\text{где } \alpha_n = \sigma_3(T_1 + T_n)(T_1^2 + T_n^2); \quad T_n = \frac{T_2 \lambda_n / \delta_n + T_1 (\lambda_3 / \delta_3 + \alpha_n)}{\lambda_n / \delta_n + \lambda_3 / \delta_3 + \alpha_n}$$

– температура внутренней (рабочей) поверхности изложницы; λ_3, λ_n – теплопроводности газового зазора и неметаллического слоя соответственно, Вт/(м·К).

При условии идеального контакта между поверхностями слитка и изложницы имеем:

$$\begin{aligned} -\lambda_1(T) \frac{\partial T_1}{\partial x} &= -\lambda_2(T) \frac{\partial T_2}{\partial x}; \\ -\lambda_1(T) \frac{\partial T_1}{\partial y} &= -\lambda_2(T) \frac{\partial T_2}{\partial y}. \end{aligned} \quad (6)$$

Согласно рекомендациям В.А. Ефимова [5] величина зазора δ_3 определяется из условия:

$$\delta_3 = \varepsilon_{yc} - \varepsilon_{пл.д} + \varepsilon_{изл},$$

где $\varepsilon_{yc} = 0,5\alpha_1 \Delta T$ – усадка слитка; α_1 – линейный коэффициент усадки в области температур затвердевания, град⁻¹, $D = 2R$ – поперечный размер слитка, м; ΔT – разность температур между жидким ядром и поверхностью слитка, К; $\varepsilon_{пл.д}$ – пластическая деформация корки слитка:

$$\varepsilon_{пл.д} = (n/4)\rho g H D^3 / (K\sqrt{t}),$$

где β – коэффициент линейного расширения чугуна, град⁻¹; $R_{изл}$ – толщина стенки изложницы, м; ΔT – разность температур между начальной температурой изложницы и в момент времени t , К.

Момент образования газового зазора при появлении твердой корки, способной выдержать ферростатическое давление жидкого металла, задавался в соответствии с рекомендациями [3], согласно которым толщина твердой корки при пересчете на размер слитка должна составлять 0,15...0,17 $R_{сл}$.

На внешних поверхностях изложницы осуществляется конвективно-радиационный теплообмен:

$$\begin{aligned} -\lambda_2(T) \frac{\partial T_2}{\partial x} \Big|_{x=d_x} &= \alpha_K^B (T_2 - T_c) + \sigma_B^B (T_2^4 - T_c^4), \\ -\lambda_2(T) \frac{\partial T_2}{\partial y} \Big|_{y=d_y} &= \alpha_K^B (T_2 - T_c) + \sigma_B^B (T_2^4 - T_c^4), \end{aligned} \quad (7)$$

где T_c – температура окружающей среды, К; σ_B^B – видимый коэффициент излучения, Вт/(м²·К⁴); α_K^B – коэффициент теплоотдачи конвекцией, Вт/(м²·К).

После (снятия изложницы) исходное уравнение теплопроводности (1) дополнится краевыми условиями, соответствующими охлаждению на воздухе и нагреву в печи:

$$\begin{aligned} -\lambda_1(T) \frac{\partial T_1}{\partial x} &= \begin{cases} \alpha_K^B (T_1 - T_c) + \sigma_B^B (T_1^4 - T_c^4) & \text{– при охлаждении на воздухе;} \\ \alpha_K^{печ} (T_{печ} - T_1) + \sigma_B^{печ} (T_{печ}^4 - T_1^4) & \text{– при нагреве в печи;} \end{cases} \\ -\lambda_1(T) \frac{\partial T_1}{\partial y} &= \begin{cases} \alpha_K^B (T_1 - T_c) + \sigma_B^B (T_1^4 - T_c^4) & \text{– при охлаждении на воздухе;} \\ \alpha_K^{печ} (T_{печ} - T_1) + \sigma_B^{печ} (T_{печ}^4 - T_1^4) & \text{– при нагреве в печи;} \end{cases} \end{aligned} \quad (8)$$

где $T_{печ} = T_{печ}(t)$ – температура рабочего пространства, К; α_K^B , $\alpha_K^{печ}$

– коэффициент теплообмена конвекцией при охлаждении на воздухе и нагреве в печи соответственно, Вт/(м²·К); $\sigma_{\text{в}}^{\text{в}}$, $\sigma_{\text{в}}^{\text{печ}}$ – коэффициент лучистого теплообмена при охлаждении на воздухе и нагреве в печи соответственно, Вт/(м²·К).

Коэффициенты внешнего теплообмена α и σ при нагреве слитка в ячейке нагревательного колодца рассчитывались по методике, приведенной в работе [10].

Параметрическая идентификация математической модели, осуществленная по данным промышленного эксперимента, проведенного в условиях Днепровского металлургического комбината им. Дзержинского для слитка осевой стали поперечным сечением 0,736×0,655 м, массой 8 т, сталь 45) [2], показала, что максимальная погрешность расчетов составляет 3...4 %.

С использованием разработанной математической модели были проведены многовариантные расчеты, в результате которых разработаны новые теплотехнологические режимы совмещенного процесса для слитков массой 9,45, 10,55 и 13,9 т. Согласно расчетам тепловых балансов внедрение разработанных режимов позволит снизить удельный расход условного топлива на 1...5 кг у.т/т (в зависимости от количества жидкой сердцевины в момент посадки и типоразмера слитка).

Литература

1. Промышленные теплотехнологии. Моделирование нелинейных процессов. Учеб. Ч.5. / В.И. Тимошпольский, И.А. Трусова, А.П. Несенчук, С.С. Бродский, О.В. Дубина, И.А. Павлюченков. - Мн.: Выш. школа, 2000
2. Совершенствование режимов нагрева слитков в регенеративных колодцах блюминга 1150 / Л.А. Анисимов, В.И. Тимошпольский, И.А. Трусова и др. // Сталь.–1999. № 7.
3. Закономерности нагрева слитков горячего посада. И.С. Тимошпольский, В.И. Тимошпольский, Б.Ф. Шендрик и др. // Сталь. – 1989. – № 9. С. 97-100.
4. В.И. Тимошпольский, Ю.А. Самойлович, И.А. Трусова. Научное издание «Стальной слиток»/Т 3. Нагрев. / Мн., 2001.
5. Ефимов, В.А. Разливка и кристаллизация стали. М.: Металлургия, 1976.

**Порошковая металлургия,
сварка и обработка
материалов давлением**

Исследование процессов формирования композиционных покрытий на основе карбида титана на деталях, работающих в условиях интенсивного износа

Реут О.П., Саранцев В.В.

Белорусский национальный технический университет

Карбид титана – материал с уникальными свойствами. Это прежде всего высокая температура плавления, высокая твердость, низкое электросопротивление, высокая теплопроводность, стойкость в агрессивных средах и к абразивному износу [1]. Расширенное применение карбида титана привело его к широкому использованию в важнейших отраслях современной промышленности.

Получение карбида титана из смеси порошка титана с сажей можно осуществлять методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС). Так как СВС сопровождается сильным саморазогревом продуктов появляется возможность использования тепла химических реакций для формирования на поверхности изделий покрытий с особыми свойствами. Однако в ряде случаев протекание СВС реакции тугоплавких соединений на поверхности металла не приводит к получению покрытий из-за появления более высоких значений коэффициентов теплопроводности и температуропроводности в металлах, чем в тугоплавких соединениях, и, что важно, наличие переходного слоя на границе раздела, где значения этих коэффициентов еще меньше. Для преодоления этого явления возможны два пути: повышение температуры изделия (что не всегда возможно) и повышение температуры в зоне контакта при одновременном уменьшении переходного слоя за счет силового теплового воздействия от внешнего источника энергии. Дополнительный ввод энергии может быть осуществлен с помощью концентрированного источника энергии, например электроискровой обработкой (ЭИО) [2].

Таким образом, физическая сущность данного метода нанесения композиционных покрытий (КП) состоит в том, что в зоне пробоя находится смесь химических реагентов, способных взаимодействовать между собой с большим тепловыделением после локального теплового инициирования реакции синтеза

энергией электрического разряда. При этом покрытия получают состоящими из отдельных частиц, связанных с матрицей металлической связью, а между собой материалом электрода.

Качество поверхности во многом зависит от материала электрода, начальной толщины слоя реагентов, а также режимов установки для ЭИО. При ЭИО стеллитовым электродом на поверхности образуются отдельные зерна. Толщина покрытия может варьироваться от 0,1 до 0,4 мм при сплошности покрытия от 95 до 60 % соответственно. Так как толщина покрытия 0,4 мм и выше наиболее привлекательна в связи с тем, что у 70 % деталей износ находится в пределах 0,01 – 0,5 мм, а при упрочнении деталей необходимо закладывать припуск на обработку, то стояла задача по увеличению сплошности и толщины покрытия.

Для увеличения сплошности КП возможны два пути:

1. Повторной обработкой без нанесения слоя реагентов за счет эрозии материала электрода. После такой обработки можно достичь 100 % сплошности, но без значительного увеличения толщины слоя покрытия.

2. Повторной обработкой с нанесением слоя реагентов. При нанесении 2-го слоя происходит частичное расплавление выступов от предыдущей обработки и получения расплава между отдельными зёрнами. При такой обработке можно добиться сплошности покрытия 90-100%.

Для оценки триботехнических характеристик двухстадийной обработки проводили исследования на износостойкость образцов. Перед испытаниями образцы притирали на шкурке из карбида кремния до полного прилегания поверхностей трения. Испытания проводились при удельной нагрузке 1,5 МПа и скорости скольжения 1,25 м/с, по схеме торцевого трения без смазки на машине трения УМТ-2.

Первый слой был получен припеканием из смеси порошковых реагентов 90%(Ti+C_{сажа})+10%Ni при молярном соотношении Ti/C=1 стеллитовым электродом (состав электрода Co – 58,8 %, Cr – 34 %, W – 4,9 %, Si – 1,5 %, Fe – 0,8 % (в весовых %)). Повторная обработка проводилась графитовым электродом. В результате микропоры и впадины наплавились углеродом, что обеспечило введение непосредственно в поверхностный слой твердой смазки.

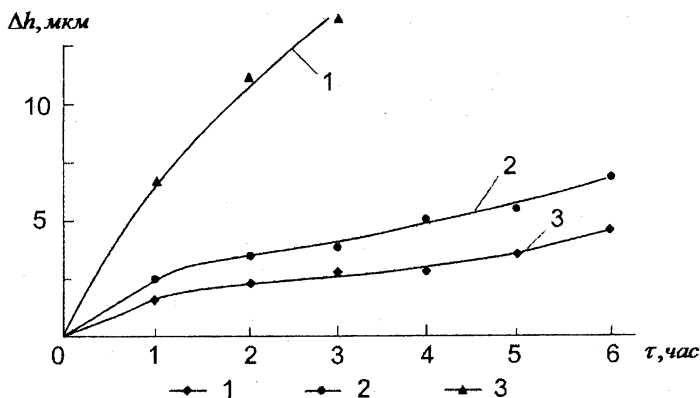


Рис. Среднее значение износа образцов:

1 – без покрытия; при электроискровой обработке образцы из 90%(Ti-C)-10%Ni; 2 – стеллитовым электродом, 3 – стеллитовым с последующей обработкой графитовым электродом; подложка – сталь 45 (42...44 HRCэ)

В результате испытаний наименьшим износом обладает образец с дополнительной обработкой графитовым электродом, что объясняется наличием в зоне трения твердой смазки.

Упрочнение деталей по разработанной технологии позволяет повысить их эксплуатационные свойства при неблагоприятных условиях работы (отсутствие смазки, повышенные температуры в зоне трения).

Литература

1. Карбид титана: получение, свойства, применение. / Кипарисов С.С., Левинский Ю.В., Петров А.П. – М.: Металлургия, 1987. – 216 с.
2. Электроэрозионные процессы на электродах и микроструктурно-фазовый состав легированного слоя. / Под ред. Н.Н. Дорожкина – Кишинев: 1999, – 570 с.

**Получение хромового пигмента
из отходов кожевенного производства**

Комаров О.С., Проворова И.Б., Волосатиков В.И.,
Макаева Г.Г., Комаров Д.О.

Белорусский национальный технический университет

Сточные воды кожевенного производства относятся к высококонцентрированным и содержат различные загрязнения: шерсть, кровь, кусочки мездры, продукты распада белков, растительные и синтетические дубители, поверхностно-активные и жировые вещества, красители, а также минеральные соединения - гидроксил кальция, сульфиды, щелочи, кислоты, соединения хрома. Соединения хрома приводят к ухудшению показателей обмена веществ человека и вызывают необратимые изменения в организмах растений и животных. Из-за большого количества органических веществ эти воды подвержены загниванию.

Республика Беларусь импортирует большое количество хромового пигмента для производства красок и в то же время на кожевенных комбинатах ежегодно скапливается до 1000 тонн пастообразных хромосодержащих отходов обработки кож. По данным журнала *Leder und Haute Markt*, приводимым проф. Артемовым А.В. [1], при выработке хромовых кож для верха обуви 47 % ценнейшего белкового продукта - коллагена дермы и 52 % соединений хрома переходят в отходы, которые плохо утилизируются

Пренебречь потерями такого количества хрома с отработанными растворами нельзя не только из-за экологических проблем, но и из-за высокой стоимости соединений хрома (хромат натрия стоит около 1500 долларов за тонну).

В промышленности процесс получения хромового пигмента проходит в две стадии. В ходе первой из хромита, доломита и соды получают хромат натрия путем их дробления, сушки, размола, сепарации и дальнейшего совместного окислительного прокаливания при температуре свыше 750°C [2]. В ходе второго этапа хромат натрия восстанавливают серой в водном растворе, получая гидрат окиси хрома, прокалка которого позволяет получить чистый оксид хрома (Cr_2O_3) [3], являющийся пигментом для производства зеленых красок.

В ходе проведенных исследований разработан способ получения хромового пигмента путем переработки хромосодержащих отходов кожевенного производства. Его суть состоит в использовании вместо хромита для получения хромата натрия хромосодержащих отходов кожевенного производства – смеси сточных вод после зольения и дубления кож, содержащих также органические компоненты, жиры, частицы волоса

Технологическая схема получения хромового пигмента из отходов кожевенного производства состоит из 13 этапов и приведена на рисунке 1.

На первом этапе отжатые на пресс-фильтрах отходы - кес сушатся при температуре $180-200^{\circ}\text{C}$. На втором этапе смесь проходит пиролиз в герметичных ретортах при температуре $800-850^{\circ}\text{C}$ с целью разложения органических составляющих. После отжатия на пресс-фильтрах, сушки и пиролиза смесь содержит (в процентах по массе): $70-80\%$ Cr_2O_3 ; $7-9\%$ FeO ; $4-5\%$ CaO ; $0,8-1,2\%$ SiO_2 ; $0,6-0,7\%$ MnO , до $2,0\%$ S и остальное - углерод. Проведение пиролиза в восстановительной атмосфере исключает образование ядовитого шестивалентного хрома, попадание которого в атмосферу недопустимо. Образующийся при этом биогаз может быть использован для подогрева воды или воздуха с целью отопления помещений. После пиролиза кес охлаждается без доступа воздуха (этап 3) и подается на обработку соляной кислотой с подогревом до $70^{\circ}-80^{\circ}\text{C}$ с целью удаления оксидов железа и марганца (этап 4). Затем образовавшийся раствор фильтруется и сушится при температуре $110-120^{\circ}\text{C}$. После промывки, фильтрации (этап 5) и сушки (этап 6) полученный осадок смешивается с Na_2CO_3 (этап 7) и подвергается окислительному обжигу (этап 8). Необходимый для протекания реакции Na_2CO_3 вводится в состав шихты вместо доломита перед окислительным обжигом.

Окислительный обжиг проводится при температуре $1000-1150^{\circ}\text{C}$. В результате реакции образуется растворимый в воде хромат натрия Na_2CrO_4 :

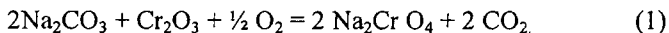
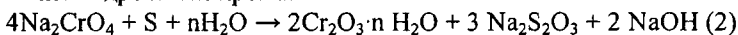




Рис. 1. Технологическая схема получения пигмента из хромосодержащих отходов кожевенного производства

На девятом этапе хромат натрия растворяют в воде с подогревом до 100°C и затем фильтруют (этап десять). На этапе 11 в раствор добавляют серу для восстановления Na_2CrO_4 и образование гидроксида хрома:



Гидроксид хрома отфильтровывают, промывают (этап 12) и прокалывают при температуре $900\text{--}920^{\circ}\text{C}$ (этап 13). В результате получается сравнительно чистый продукт ярко-зеленого цвета, который можно использовать в качестве пигмента для изготовления зеленых красок.

В лабораторных условиях 4000 г кека после фильтр-пресса подвергли сушке и пиролизу. Масса сухого кека составила

1000г. Кек после сушки и пиролиза с содержанием 80% Cr_2O_3 обработали соляной кислотой, разбавленной в соотношении 1:1, для частичного удаления примесей. Масса кека после обработки составила 950г. Обработанный кек сплавляли с Na_2CO_3 массой 1400г. Полученный хромат натрия растворили в воде до получения раствора с концентрацией Na_2CrO_4 ~110-120 г/л. Масса нерастворенного остатка после фильтрования, промывки и сушки составила 200г. Полученный раствор Na_2CrO_4 восстановили серой массой 200г с целью получения $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. После фильтрования, промывки и сушки $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ прокалили до Cr_2O_3 . Масса прокаленного Cr_2O_3 составила 640г. Выход годного продукта в пересчете на сухой кек составил 80%.

Следует отметить, что хромосодержащие отходы кожевенного производства в Республике не перерабатываются, а сбрасываются на свалки или хранятся на полигонах захоронения, отравляя почву и окружающую атмосферу. В связи с этим, предлагаемый способ не только решает экологическую проблему переработки ядовитых хромосодержащих отходов кожевенного производства, но чисто техническую задачу получения хромового пигмента из отходов. Предложенный способ способствует решению проблемы импортозамещения и снижает стоимость как хромового пигмента так и различных красителей на его основе.

Литература

1. Артемов, А.В. Производство изделий из кожи: проблемы экологии. Центральный институт комплексной автоматизации легкой промышленности. – 2005.
2. Авербух, Т.Д., Павлов, П.Г. Технология соединений хрома. Из. 2-е, Химия, Л. – 1973.
3. Беленький, Е.Ф. Химия и технология пигментов. – 1974, М.:– с. 427-430.

Математическое моделирование энергосиловых условий измельчения связно-сыпучих материалов

Ложечников Е.Б., Гавриленя А.К.

Белорусский национальный технический университет

Измельчение представляет одну из самых распространенных в природе вообще, и в производстве в частности, операций воздействия на материалы, в результате которой они приобретают более высокие потребительские свойства. Деформация и разрушение частиц порошка увеличивают его удельную поверхность и химическую активность с окружающей средой. Образующийся в результате измельчения кусковых материалов порошок приобретает отличные от жидкостей и твердых тел механические свойства, математическое моделирование которых базируется на критерии прочности Мора-Кулона [1-3]

$$\tau_n = \sigma_n \operatorname{tg} \varphi + c \quad (1)$$

и вытекающего из него условия предельного состояния (пластичности), которое в главных напряжениях описывается выражением

$$\sigma_1 - \sigma_3 = (\sigma_1 + \sigma_3) \sin \varphi + 2c \cos \varphi, \quad (2)$$

где σ_n и τ_n – нормальное и касательное напряжения к поверхностям сдвига, образующие с направлением большего главного напряжения (σ_1) углы $\mu = 0,25\pi - 0,5\varphi$;

φ и c – соответственно угол межчастичного трения и сцепление (сопротивление сдвигу) частиц порошка.

Поскольку сцепление частиц порошка значительно меньше прочности материала составляющих его частиц, то есть $2c \leq \sigma_s$ (σ_s – предел текучести материала), структурная деформация порошка за счет взаимного перемещения частиц может происходить при весьма малых контактных между частицами напряжениях, не вызывающих их деформацию и разрушение. Вместе с тем, как видно из (2), связно-сыпучая среда в условиях всестороннего сжатия может воспринимать высокие внешние нагрузки, которые приводят к ее уплотнению с деформацией и разрушением составляющих ее частиц. Очевидно, что это может быть достигнуто при равенстве разности главных напряжений в связно-сыпучей среде и в материале частиц [4]

$$\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_1^I - \sigma_3^I, \quad (3)$$

где условие пластичности поликристаллического твердого тела

$$\sigma_1^1 - \sigma_3^1 = \beta \sigma_S; \quad (4)$$

$\beta = 1 \dots 1,15$ – коэффициент напряженного состояния, принимаемый равным 1.

Подставив в (3) значения этих разностей из (2) и (4) получим среднее в деформируемой среде напряжение, вызывающее деформацию и разрушение частиц

$$\sigma = 0,5(\sigma_1 + \sigma_3) = (\sigma_S - 2c \cos\varphi) / 2\sin\varphi \quad (5)$$

При этом большее главное напряжение [2]

$$\sigma_1 = \sigma(1 + \sin\varphi) - c \operatorname{ctg}\varphi, \quad (6)$$

а плотность порошка [3]

$$\rho_\sigma = \rho_n + k\sigma_1^m, \quad (7)$$

где ρ_n – насыпная плотность порошка;

k и m – параметры, зависящие от свойств порошка и условий его обработки давлением.

Поскольку деформации и разрушению частиц порошка предшествует и сопутствует его структурная деформация (межчастичный сдвиг) значительная часть энергии измельчения расходуется на трение между частицами, доля которой с уменьшением размера частиц возрастает, что приводит к росту удельной энергии измельчения.

Анализ энергозатрат измельчения в различных условиях разных порошков дает основание описать зависимость удельной энергии измельчения от размеров частиц равнобокой гиперболой относительно асимптот, совпадающих или параллельных осям координат (Рис.1),

$$n_d(d_i - d_k) = E_d, \quad (8)$$

где d_i – размер частиц порошка;

d_k – предельно малый для определенных материала и способа измельчения размер частиц, при котором начинается процесс их сцепления и гранулирования;

n_d – удельная энергия размола.

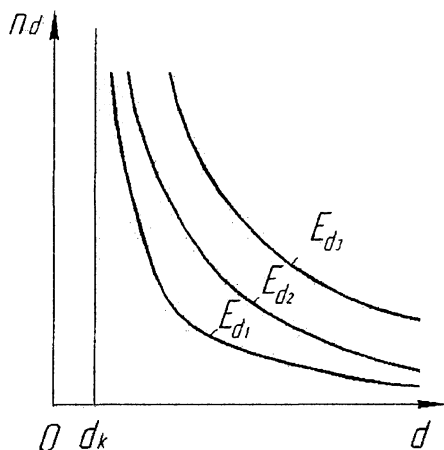


Рисунок 1 – Гиперболическая зависимость удельной энергии измельчения P_d от размера частиц d измельчаемого порошка ($E_{d1} < E_{d2} < E_{d3}$)

Величина параметра E_d в (8) представляется комплексным показателем обрабатываемого материала и вводимых в него активирующих измельчение и прочих присадок, способа и режима размола и др., влияющих на процесс факторов. Величина параметра E_d позволяет оценить возможности различных способов измельчения и их энергоёмкость.

Литература

1. Сиденко, П.Л. Измельчение в химической промышленности. – М.: Химия, 1968. – 382 с.
2. Соколовский, В.В. Статика сыпучей среды. – М.: Физматгиз, 1966. – 243 с.
3. Ложечников, Е.Б. Прокатка в порошковой металлургии. – М.: Металлургия, 1987. – 185 с.
4. Целиков, А.И., Никитин, Г.С., Рокотян, С.Е. Теория продольной прокатки. – М.: Металлургия, 1980. – 320 с.

Кинематика течения металла при формообразовании фланца в трубчатой заготовке с локализацией очага деформации

Гуринович В.А., Исаевич Л.А., Сидоренко М.И.,
Шиманский А.В.

Белорусский национальный технический университет,
РУП "МАЗ"

Формообразование относительно широких фланцев в трубчатых заготовках производится в основном двумя методами, а именно: отбортовкой [1, 2] и торцевой раскаткой [4, 5]. В первом случае отбортовке предшествует раздача конца трубы жестким инструментом с постепенным переходом раздаваемого участка в плоскость, расположенную под прямым углом к оси заготовки. Однако при этом неизбежно образуется торообразная поверхность между стенкой заготовки и фланцем (рисунок 1).

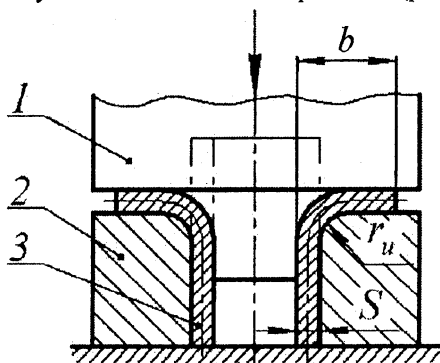


Рисунок 1. Схема раздачи трубной заготовки: 1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – заготовка

Радиус перехода от внутренней полости трубы к фланцу составляет не менее толщины стенки заготовки, что не всегда удовлетворяет требованию чертежа. В случаях, когда этот радиус должен стремиться к нулю, применяют способ торцевой раскатки, при котором основное силовое воздействие осуществляют одним или двумя деформирующими валками (рисунок 2). В этом случае в отличие от процесса раздачи очаг деформации

носит локальный характер, поскольку контакт между заготовкой и валками ограничен небольшой зоной. При сравнительно небольшой ширине фланца (менее трех толщин стенки заготовки) и наличии реборд на деформирующих валках не возникает сколь-нибудь серьезных проблем формообразования фланцев правильной формы, заданной чертежом (рисунок 2).

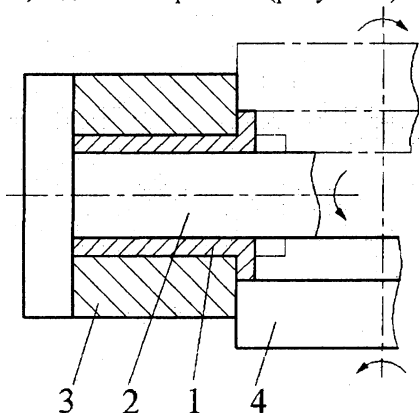


Рисунок 2. Схема торцевой раскатки заготовок при силовом воздействии деформирующими валками: 1 – заготовка; 2 – оправка; 3 – обойма; 4 – деформирующий валок (валки)

В случае получения этим способом широких фланцев (ширина пять и более толщин стенки заготовки) появляются определенные сложности, связанные с потерей устойчивости деформируемой части заготовки. Например при осадке между плоскопараллельными плитами кольца, у которого высота равна или более пяти толщин стенки, происходит выпучивание средней его части наружу [5].

Для определения кинематики течения металла при торцевой раскатке проводили эксперименты на трубчатых заготовках высотой 70 мм с наружным диаметром 69 мм и толщиной стенки 3мм, изготовленных из стали 35. Заготовки получали из трубы в состоянии поставки, а затем подвергали отжигу. Ширина фланца (борта) составляла пять толщин стенки заготовки. Раскатку осуществляли по схеме, показанной на рисунке 2, с использованием двух валков, расположенных на траверсе с противоположных сторон. В качестве привода был использован токарно-

винторезный станок модели 1Д63, в задней бабке которого установлена траверса с валками.

Как показали результаты исследований, в начальной стадии раскатки происходит увеличение толщины стенки заготовки в слоях, прилегающих к контактной поверхности деформирующих валков, вследствие локализации очага деформации (рисунок 3а). Форма образующей внешней стенки заготовки становится криволинейной по мере увеличения степени деформации. При достижении относительной деформации по высоте порядка 0,22 – 0,25 процесс осадки стенки трубы переходит в процесс раздачи полой заготовки с отрывом этой стенки от поверхности оправки (рисунок 3б) и увеличением ее толщины в слоях, прилегающих к валкам.

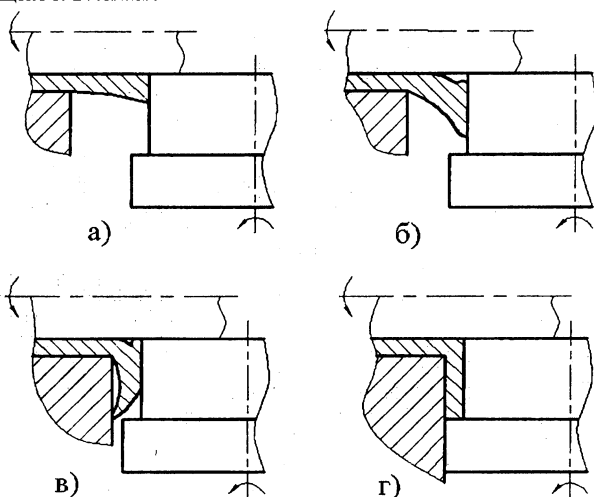


Рисунок 3. Стадии формообразования фланцев в трубных заготовках торцовой раскаткой

Далее увеличивается эффект раздачи, сопровождающийся осадкой трубы и поворотом края фланца в сторону обоймы (рисунок 3в). На заключительной стадии (рисунок 3г) окончательно формообразуется фланец в замкнутой полости между валками, обоймой и оправкой. Суммарная степень деформации при этом достигает порядка 80%. Справедливость представленной картины постадийного течения металла при торцовой раскатке

наглядно отражена на рисунке 4, где представлены фотографии образцов, полученных продольной разрезкой заготовок на определенных стадиях их торцевой раскатки (случаи б и в на рисунке 3).

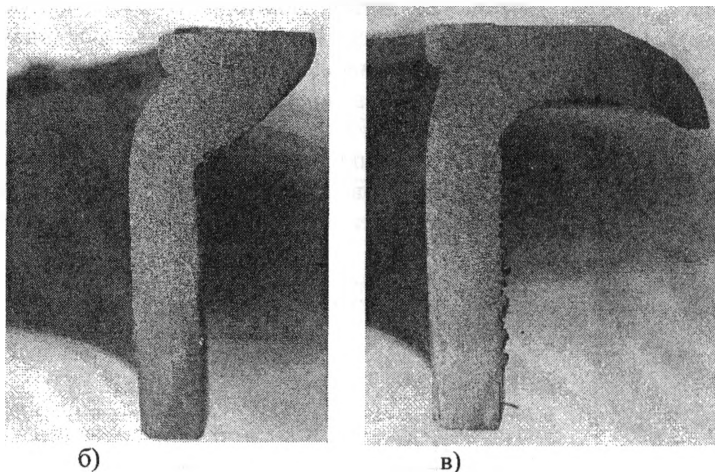


Рисунок 4. Внешний вид образцов в разрезе на стадиях формообразования отвечающих рисунку 3 б, в.

Таким образом, при достаточной пластичности металла не возникает больших проблем в формообразовании широких фланцев в трубчатых заготовках методом торцевой раскатки и особенно при деформировании их в нагретом состоянии. Однако при деформировании металла в холодном состоянии в зоне перехода от отверстия к фланцу могут возникать зажимы, что весьма нежелательно из-за опасности образования концентраторов напряжений.

Литература

1. Попов, Е.А. Основы теории листовой штамповки. – М.: Машиностроение, 1977. – 277 с. ил.
2. Ершов, В.И., Глазков, В.И., Каширин, М.Ф. Совершенствование формоизменяющих операций листовой штамповки. – М.: Машиностроение, 1990. – 312 с. ил.

3. Богоявленский, К.Н., Семин, М.Т., Лапин, В.В. Оборудование и технология раскатки прецизионных заготовок. – М.: НИИ-Маш, 1981. – 72 с.
4. Изготовление деталей пластическим деформированием./Под ред. К.Н. Богоявленского, П.В. Камнева. – Л.: Машиностроение, 1975. – 424 с.
5. Теория обработки металлов давлением/ под ред. И.Я. Тарковского. – М.: Металлургиздат. 1963. – 672 с.ил.

УДК 621.793

Особенности получения наноматериалов магнетронным распылением

Ковалевский В.Н., Керженцева Л.Ф., Фигурин К.Б.
Белорусский национальный технический университет

Магнетронные распылительные системы позволяют распылять металлы и полупроводниковые материалы в виде атомов, смеси атомов, кластеров. В зависимости от режимов процесса можно получать тонкопленочные покрытия или наноструктурные порошковые материалы. Используя принцип раздельного синтеза, каждый из этапов процесса распыления можно проводить на оптимальных режимах. При этом создаются условия формирования аморфной структуры с последующим образованием керамики за счет реакционного взаимодействия компонентов в покрытии. Свойства керамических покрытий изменяются в зависимости от соотношения фаз. Количество фаз, образующихся в процессе синтеза, определяется давлением, температурой, концентрацией. Соотношение компонентов и получаемых фаз в условиях равновесия подчиняется правилу Гиббса: $k+n-f=C$ где f, k - количество фаз и компонентов системы соответственно; n - давление, температура (концентрация); C - количество степеней свободы устойчивости фаз.

Получение покрытий в неравновесных условиях осуществляется при количестве фаз равно двум (два параметра — давление и температура). Если учесть неравномерность конденсируемого потока, электрическую зарядность ($n>2$), то число фаз будет увеличиваться. Снижение полифазности при сохранении числа реагентов возможно при уменьшении количества термодинамических параметров. Для однофазного состояния изменя-

ют один параметр – температуру. При разгерметизации происходит изменение давления в пределах $10^{-2} \dots 10^5$ Па. Стимулятором процесса синтеза является температура. Она обеспечивает энергию перехода из аморфного состояния в кристаллическое в присутствии электроотрицательного компонента (кислород, азот). Строение аморфных материалов повышает взаимную растворимость компонентов. В условиях равновесия последовательное воздействие термодинамических параметров изменяет фазовый состав и обеспечивает прогнозируемость и управляемость структурой и свойствами покрытий. Раздельный синтез заключается в аморфизации материала с последующим взаимодействием с газом, что позволяет управлять структурой материала. Аморфное состояние характеризуется отсутствием дальнего порядка в расположении атомов и трансляционной симметрии по всем направлениям трехмерного пространства. Структура металла имеет минимум свободной энергии, что выравнивает процессы, обеспечивающие упорядоченное расположение и стремление к беспорядку (увеличение энтропии S). Кластерная модель [1] аморфного состояния рассматривает кластеры как группировки с повышенной упорядоченностью в их расположении с сильными внутренними связями. Кластер имеет переход между группировками через разупорядоченные области. Группа атомов с экстремальными параметрами по напряжениям и местной симметрией образуют кластеры по 10...20 атомов.

Дефекты структуры аморфных тел определены пространственно как атомные кластеры. Предполагается, что имеет место два класса дефектов:

- 1) дефекты, определяемые флуктуациями локальной плотности;
- 2) дефекты, определяемые как области высоких сдвиговых напряжений и значительных отклонений от сферической симметрии.

Размеры этих дефектов составляют несколько атомных расстояний. Аморфные металлы обладают невысокой термической стабильностью. Изменения в расположении атомов, перестройка связей при структурной релаксации увеличивают плотность, твердость, уменьшают, внутреннее трение, электросопротивле-

ние. Релаксационные эффекты носят необратимый характер и не повторяются при повторном нагреве.

Кристаллы, растущие из аморфной матрицы, имеют структурную наследственность. Состав кристалла и аморфной матрицы одинаков. Интенсивность диффузионных процессов в аморфных материалах на 5...6 порядка выше, а энергия активации ниже, чем в кристаллах. Некоторые аморфные сплавы после кристаллизации имеют мелкозернистую структуру, что ускоряет диффузию за счет граничной диффузии. [2]. Насыщенность валентных связей у атомов аморфных материалов меньше, чем у кристаллов, что приводит к росту реакционной способности и образованию прочных синтезированных пленок Синтез керамики путем девитрификации аморфной структуры - заключительный этап структуризации покрытий.

Плотность покрытий регулируется силой тока разряда, давлением газа в камере, расстоянием между подложкой и распыляемым катодом. Влияние силы тока разряда на плотность углеродных покрытий оценивали при давлении аргона 0,5 Па, времени - 300 с, расстоянии 150 мм. Толщина покрытия - 780 Å. Увеличение плотности потока углерода при изменении силы тока разряда от 0,5 до 2,5 А приводит к повышению плотности покрытия от 2,3 до 3,0 г/см³. Дальнейшее возрастание тока до 3 А приводит к резкому падению плотности до значений 1,6...1,7 г/см³ (плотность пиролитического графита) [3]. При повышении тока более 2,5 А поступление атомов углерода на подложку увеличивается. Энергия образования sp^3 гибридизации выше, чем sp^1 и sp^2 , и термодинамически выгодно образование простых связей с меньшей плотностью. Предельная плотность покрытий (3,2 г/см³) достигается при давлении газа 0,5 Па. При низком давлении до 0,5 Па конденсируемый поток имеет широкий спектр скоростей движения атомов и sp^3 гибридизация не образуется. Повышение давления приводит к рассеянию атомов углерода аргоном и снижению энергии конденсации, что приводит преобладанию простых типов связи в аморфном углеродном покрытии. Режимы напыления тонкопленочного покрытия составили: ток $I=2,5$ А, давление $P=0,5$ Па и расстояние от катода до подложки $l=150$ мм

Изменяя кинетические параметры (ток, давление, вид атмосферы), можно регулировать плотность покрытий в диапазоне от 1,5 до 3,3 г/см³.

Исследование влияния силы тока разряда на твердость углеродных покрытий проводили в интервале 0,5...2,5 А, соответствующем возрастающим значениям плотности. Минимальный уровень твердости (10ГПа) получен на расстоянии 50 мм от катода, что соответствует низкой адгезионной прочности покрытия. При удалении подложки от катода до 150мм также, как и с увеличением силы тока, твердость повышается до (80ГПа). Удаление подложки от катода до 150 мм способствует увеличению в конденсированном потоке возбужденных атомов и образованию преимущественно *sp*³ гибридизации. Повышение однородности потока приводит к возрастанию электрического сопротивления. Покрытия имеют высокий порог электрического сопротивления 10⁸ Ом.

Таким образом получены наноструктурные покрытия и порошковые материалы магнетронным распылением мишени – катода на оптимальных для каждого этапа режимах. Показано, что, используя принцип раздельного синтеза, возможно формирование аморфной структуры покрытия. Последующая термообработка плазмой тлеющего разряда позволяет получить керамические или алмазоподобные покрытия, в которых прослеживается наследование дефектов аморфной структуры. Сформированные наноструктурные покрытия обладают высокой плотностью, адгезионной прочностью и твердостью, что открывает перспективы их использования при создании композиционных порошков с наноструктурным покрытием и высоким комплексом свойств.

Литература

1. Бакай, А.С.. Поликластерные аморфные тела. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 191 с.
2. Бокштейн, Б.С., Клиндер, Л.М., Уварова, Е.Н.. Диффузия в аморфных металлических сплавах // Аморфные металлические сплавы.: Научные труды МИСиС. – М.: Металлургия, 1983. – № 147. – С.81-86.
3. Ковалевский, В.Н., Фигурин, Б.Л., Фигурин, К.Б. Влияние режимов напыления на свойства аморфных углеродных покрытий // Вестник БНТУ. – 2003. - № 5. – С. 22 – 24.

**Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом
(ИДСПЭ) тонколистовых изделий**

Тимашков В.Д., Ковалевский В.Н., Лученок В.П.*
Белорусский национальный технический университет,
РУП «Минский автомобильный завод»*

1.1. Введение

Импульсно-дуговой процесс плавящимся электродом (ИДСПЭ) может быть осуществлен с непрерывным горением слабомощной дежурной дуги и принудительными короткими замыканиями путем наложения импульсов тока, либо с частыми короткими замыканиями изменением скорости плавления электродной проволоки; либо с принудительным гашением дуги.

Нами в лаборатории сварки РУП МАЗа в рамках выполнения задания 03-46 ГНТП «Сварка» выполнены исследования по изучению процесса ИДСПЭ в двухкомпонентных смесях ($Ag + 5-20\% CO_2$) тонколистовых заготовок кабины МАЗ-6430 длинными ($L > 500$ мм) угловыми швами нахлесточных соединений из сталей 08кп и 08Ю) оцинкованных и без покрытия. В качестве источника тока использовалась многофункциональная установка Vario Mic 400 L(W)/DV36L(W) ф. Dalex (Германия), обеспечивающая сварку в нормальном и импульсном режимах различных материалов.

1.2. Сущность процесса ИДСПЭ с управляемым переносом электродного металла

Как известно при сварке стационарной дугой характер переноса электродного металла, в основном определяется силой тока - I_{CB} и напряжения дуги - U_d ; т.е. теми же параметрами, что и размеры шва; что в результате приводит к повышенному разбрызгиванию электродного металла.

При сварке же нестационарной (пульсирующей) дугой (ИДС) можно принудительно независимо от силы тока - I_{CB} и напряжения дежурной дуги - U_d задавать желаемый вид переноса электродного металла (крупно-, мелкокапельный или струйный) с замыканием или без замыкания дугового промежутка.

Мелко- или крупнокапельный перенос без коротких замыканий дугового промежутка осуществляется при ИДСПЭ в инертных газах и их смесях с углекислым газом - CO_2 , кислородом -

О₂. Образование капли на конце электрода и сброс ее происходит за счет энергии кратковременного импульса тока, при этом размеры капли и направление ее сброса зависят от величины энергии импульса и рода защитного газа (рис. 1).

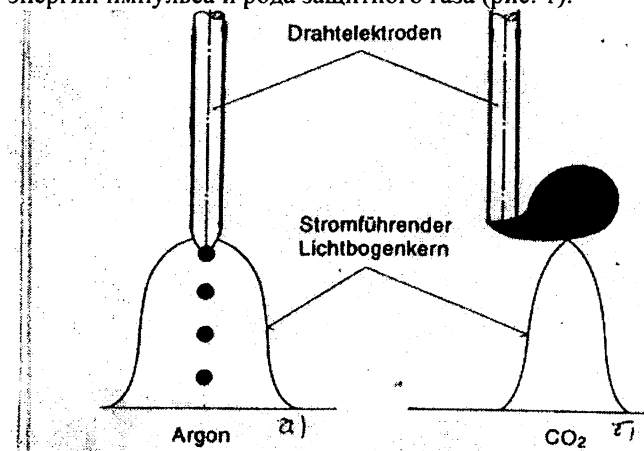


Рис. 1. Влияние сорта защитного газа на перенос электродного металла: а - в аргоне (А_r); б - в углекислом газе (СО₂)

Энергия импульса зависит от рода защитного газа, материала и диаметра электрода, параметров импульса, выбираемых в зависимости от пространственного положения и решаемой технологической задачи сварки.

Диаметр электродной проволоки при ИДСПЭ обычно составляет $d_3 = 0,8 - 1,6$ мм, а капля - $d_k = (0,5-1,5) d_3$. Если длина дуги больше $(2-2,5) d_k$, то перенос происходит без к.з, а если меньше, то с к.з дугового промежутка.

Критерием оценки переноса электродного металла может быть принят характер перемещения центра тяжести капли относительно конца электрода. При ИДСПЭ можно выделить три типичных вида переноса электродного металла:

- импульс тока не сбрасывает каплю с конца электрода; и требуется дополнительный или т.н. «Реак-импульс»;
- импульс тока сбрасывает с электрода только одну каплю;
- импульс тока сбрасывает с электрода несколько (2...3) капли.

Наиболее удобен для управления процессом сварки второй

вид переноса, т.н. «1 капля за импульс», при котором плавно изменяя форму и параметры импульса можно добиться перехода электродного металла в сварочную ванну почти или с минимальным (2...3%) разбрызгиванием (рис. 2).

Для отрыва капли от электрода необходимо затратить определенную энергию, т.н. «работу отрыва», которая зависит от энергии импульса, рода защитного газа или смеси, химсостава и диаметра электродной проволоки. Необходимая для сброса энергии импульса тока обычно пропорциональна критическому току сварки - $I_{кр}$ стационарной дугой в защитных газах (рис. 3).

Разбрызгивание электродного металла при ИДСПЭ происходит в основном при выбросе за пределы сварочной ванны мелких капелек.

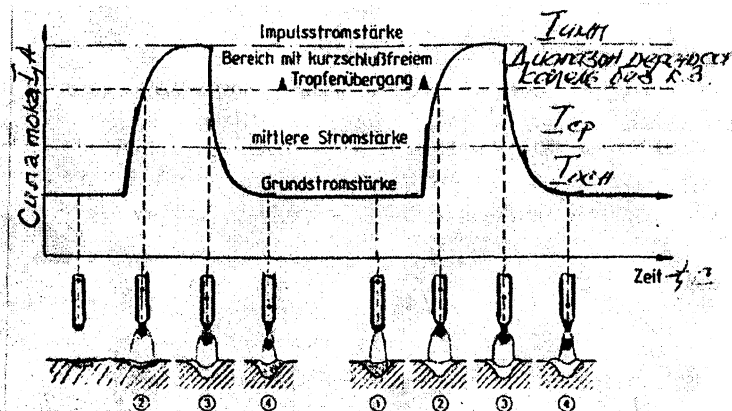


Рис. 2. Переход электродного металла в сварочную ванну при ИДСПЭ 1 - нагрев торца электрода; 2 - образование капли на торце; 3 - сужение шейки и вытягивание капли в направлении сварочной ванны; 4 - отрыв капли и ее переход в сварочную ванну мелких капелек, образующихся из шейки при отрыве капли от электрода

Набрызгивание электродного металла также возможно и при разрыве капли в результате повышенного давления газов, в основном СО, проникающих внутрь капли жидкого электродного металла.

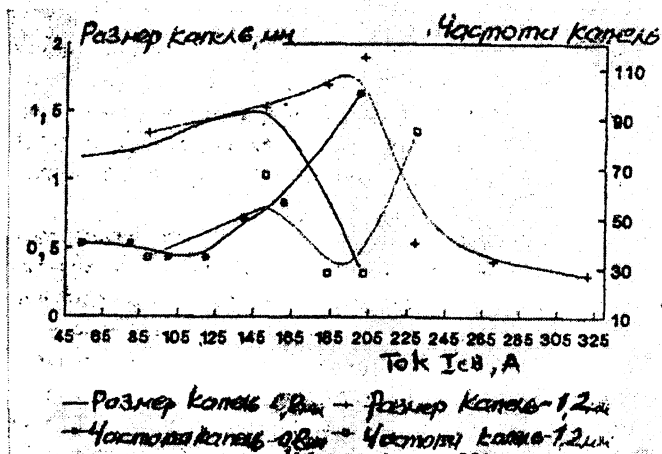


Рис. 3. Значения критического тока - I_{c8} при дуговой сварке в защитных газах стационарной дугой

1.3. Параметры режима ИДСПЭ и их выбор

Для обеспечения непрерывного и управляемого переноса электродного металла в сварочную ванну по принципу «1 капля за импульс» необходим оптимальный выбор параметров основной и импульсной фаз процесса. Для ИДСПЭ заготовок верха кабины МАЗ-6430 с толщиной стенок $S_1 = 0,9$ и $S_2 = 1,2$ мм оцинкованных с величиной слоя цинка $Zn - 0,015$ мм и без покрытия необходимо небольшое тепловложение для предотвращения испарения цинка и обеспечения требуемой формы и размеров нестандартного углового шва.

При ИДСПЭ ток уменьшается сразу же после касания электродного металла с расплавленной ванной, что приводит к мягкому замыканию дугового промежутка капель. После этого ток увеличивается до появления Пинч-эффекта и затем снова уменьшается для отделения расплавленного металла проволоки с тем, чтобы он смог перейти в сварочную ванну без разрыва каплей и разбрызгивания. Различные типы используемых при ИДСПЭ форм волн импульсного тока показаны на рис. 5.

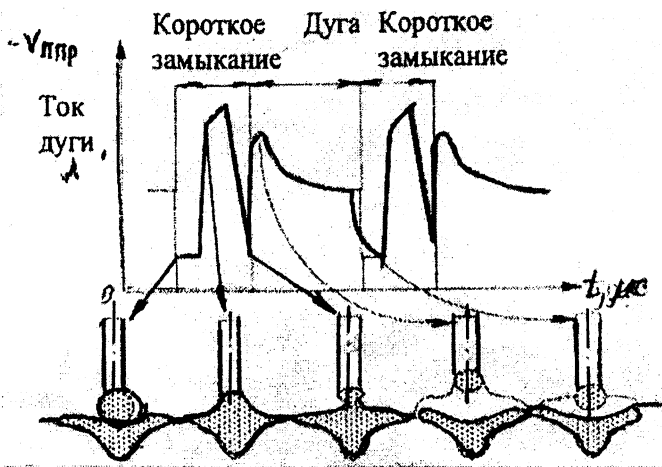


Рис. 4. Типичное регулирование формы волн импульсов тока
 Выбор параметров режима ИДСПЭ на предварительной стадии изучения процесса ИДСПЭ с обеспечением управляемого переноса электродного металла проводился экспериментально с использованием метода планирования экспериментов

Обычная импульсная сварка МИГ	
Сварка МИГ с пульсирующими волнами	
Сварка МИГ с импульсными циклами	

Рис. 5. Различные типы формы волны при МИГ - импульсной сварке Средняя мощность теплового потока для нахлесточного соединения с толщиной стенок 0,9 и 1,2 мм составит 3605J

Исследование структуры и фазового состава оксидной керамики в высокоскоростной газопламенной струе с разработкой технологии нанесения износостойких покрытий

¹ Горанский Г.Г., ² Манойло Е.Д., ¹ Толстяк Э.Н.

¹ Белорусский национальный технический университет

² Институт порошковой металлургии НАН Б

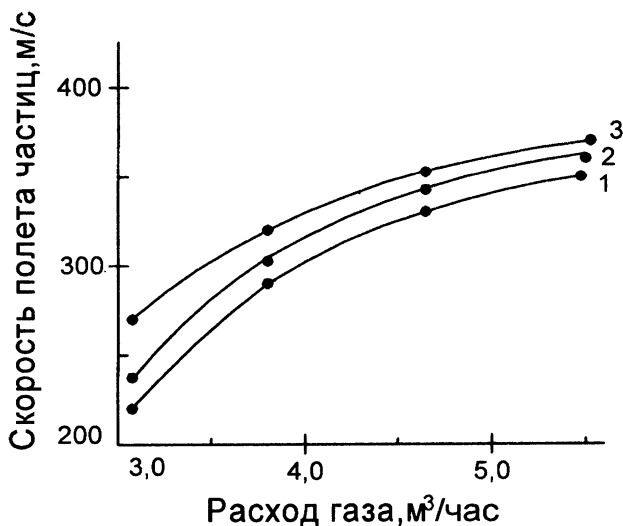
Минск, Беларусь

Эксплуатационные характеристики многофункциональных порошковых покрытий на основе оксидной керамики могут быть оптимизированы формированием в них аморфных и наноразмерных структур [1]. В основном подобные структуры реализуются при плазменном нанесении покрытий [1,2]. Этот метод при общепризнанных достоинствах (высоких прочности, твердости покрытий, низкой пористости, качественной адгезии) отличается относительно небольшой толщиной аморфных покрытий (до 0,1 мм) и их значительной стоимостью [2].

Целью работы было показать, что формирование аморфных и наноразмерных фаз в керамических покрытиях может быть достигнуто и в процессе их высокоскоростного газопламенного напыления (HVOF), когда керамический порошок вместе с органическим связующим зашнурован в эластичную оболочку.

В качестве материала был взят шнур марки «Сфекорд-керамика» системы $Al_2O_3 + Cr_2O_3 + TiO_2 + SiO_2$. Авторы использовали базовые методики комплексной диагностики газопламенной струи и летящих в ней частиц, фазового состава и свойств покрытий, изложенные в [2].

Осуществлена оценка распределения температур и скоростей полета частиц керамики в зависимости от технологических параметров процесса HVOF (рисунки 1-3). Определены закономерности структурных и фазовых превращений в частицах керамики на стадиях их полета и при формировании многокомпонентных аморфных и наноструктурных керамических покрытий (таблица 1). Оценен уровень свойств изготовленных покрытий (таблица 2). Обоснованы рекомендации для HVOF аморфных и наноструктурных керамических покрытий, изготовлены опытные образцы деталей (рисунок 4).



Скорость подачи шнура, см/мин.: 1 – 35; 2 – 30; 3 – 25
 Рисунок 1. Изменение скорости частиц от расхода горючей смеси в газопламенной струе (дистанция напыления – 80 мм)



Расход газов, м³/час.: 1 – 3,5; 2 – 5,5 .
 Рисунок 2. Зависимость скорости полета частиц керамики от расстояния от среза сопла

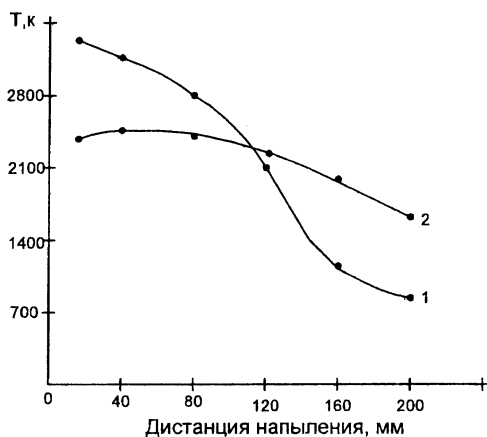


Рисунок 3. Температуры газовой струи (1) и частиц керамики (2) как функции расстояния от среза сопла

Таблица 1 Фазовый состав частиц керамики и покрытий

Вид фазы	Содержание фазы, об. %						
	Исходный материал	В газопламенной струе при расстоянии от сопла, мм			В покрытии при дистанции напыления, мм		
		40	80	120	40	80	120
α - Al_2O_3 тригональная	58-60	51-53	36-42	32-39	16-19	2-3	6-8
χ - Al_2O_3 кубическая	-	2	-	-	-	-	-
β - Al_2O_3 гексагональная	-	1	2-3	3-4	-	-	1
γ - Al_2O_3	-	-	-	1-2	2	-	-
δ - Al_2O_3	-	-	3-4	3-4	2-4	1-2	-
Cr_2O_3 гексагональная	29-30	29-30	27-30	15-17	10-12	2-3	4-6
SiO_2 тетрагональная	3-4	2-3	2-3	2-3	2-3	-	-
TiO_2 тетрагональная	6-7	6-7	5-6	3-4	2-4	1	2
Аморфная фаза $(\text{AlCr})_2\text{O}_3$	-	4-5	6-8	12-15	26-29	42-46	42-46
Аморфная фаза $(\text{AlSiCr})_2\text{O}_3$	-	1	2-3	5-8	18-21	34-36	30-32
Аморфная фаза $(\text{AlSiTiCr})_2\text{O}_3$	-	-	1	2-3	4-6	8-12	6-8

Размер областей ближнего порядка: для аморфных фаз – 0,1-1,8 нм, для кристаллических – 2,1-12 нм.

Таблица 2 Микротвердость, прочность адгезии и пористость газопламенных покрытий керамики $Al_2O_3 + Cr_2O_3 + TiO_2 + SiO_2$

Дистанция напыления, мм	40	80	120
Микротвердость H_{μ} , МПа	10100	12700	10400
Прочность адгезии МПа	15	25	18
Пористость, %	5	3	4

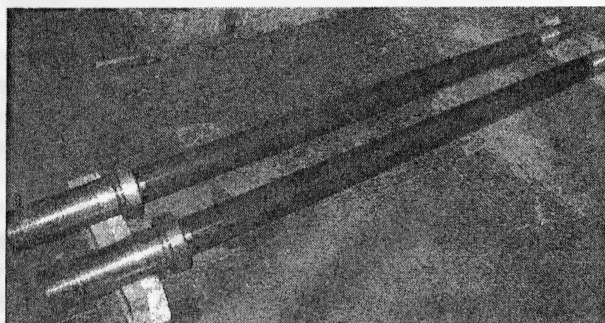


Рисунок 4. Штоки со шлифованным керамическим покрытием

Полученные при оптимальных режимах высокоскоростного газопламенного напыления образцы керамических покрытий с аморфными и наноразмерными составляющими обладают толщиной до 0,8 мм; пористостью 3-5%; прочностью адгезии 20-25 МПа; твердостью HV – 600-900 и микротвердостью– 10000-12700 МПа (в зависимости от состава). Коэффициент использования материала - до 75% при производительности напыления 0,8-1,2 кг / час и энергоемкости процесса 30-35 Квт*час.

Литература

1. Руденская, Н.А. Новые плазменные покрытия многофункционального назначения и их самоорганизация // Защита металлов. – 2004. – т. 40. – № 2. – с. 173-177
2. Формирование газотермических покрытий: теория и практика / А.Ф. Ильющенко, В.А. Оковитый, С.П. Кундас и др. Мн.: Бестпринт, 2002. – 480 с.

Материаловедение в машиностроении

УДК 621.785.5

Исследование структуры и свойств инструментальных сталей после боросилицирования в обмахках при различных параметрах

Ситкевич М.В., Кузменко Н.Н.

Белорусский национальный технический университет

В последнее время в производственную практику все шире внедряются новые прогрессивные методы изготовления технологической оснастки, позволяющей в значительной степени сократить затраты, уменьшить расход дефицитной инструментальной стали, повысить стойкость инструмента. В результате разработки диффузионно-активных обмазок открываются перспективы их применения для повышения стойкости крупногабаритного инструмента (штампов горячего и холодного деформирования, металлоформ литья различных сплавов и др.), упрочнить который другими методами затруднительно. При этом важное значение имеет исследование закономерностей формирования свойств различных типов диффузионных покрытий на штамповых сталях разного уровня легированности. Это позволит обоснованно выбрать тот или иной процесс ХТО, позволяющий наиболее существенно увеличить долговечность инструмента, работающего в конкретных условиях эксплуатации.

В настоящей работе приведены результаты разработки процесса боросилицирования при различных параметрах и исследования свойств боросилицированных сталей в обмахках. Как известно, боридные слои обладают высокой твердостью и износостойкостью, но при этом обладают высокой хрупкостью. Поэтому, основной целью проведенного исследования было добиться такого соотношения боридов и силицидов при которых показатель хрупкости значительно понижался. При диффузионном упрочнении использовались борлирующие обмазки [1], в состав порошковой части которых вводилось 20, 40, 60% SiC.

Плазменная резка – современные технологии

Догадин А.В., Чиеу Куанг Фи

Санкт – Петербургский государственный морской технический университет

Повышение качества и сокращение сроков постройки корпусов судов требует и совершенствование тепловой резки, которая в значительной мере определяет трудоёмкость последующей сборки корпусных конструкций.

В настоящее время базой для эффективного решения этой задачи может быть плазменная резка, технология которой интенсивно совершенствуется.

Технология плазменной резки как разновидность тепловой резки обеспечивает:

- высокую скорость и производительность резки;
- экономичность эксплуатации;
- гибкость процесса при широком спектре разрезаемых материалов;
- возможность вырезки деталей без необходимости последующей механической обработки;
- мобильность применения;
- возможность пространственной резки.

К основным элементам плазменной резки относятся:

- источник энергии (источник постоянного тока);
- плазматрон (машиной и ручной);
- плазмообразующая среда (одно и многокомпонентные газы);
- технология (традиционная и специальная).

Традиционная технология плазменной резки основана на расплавлении металла дуговым разрядом и удалении расплава из зоны реза струёй плазмы (Рис. 1а). В качестве плазмообразующего газа, как правило, используется как наиболее дешёвый и доступный газ.

Успешное внедрение плазменной резки в судостроении и машиностроении в последнее время связано, в первую очередь, с появлением и развитием «узкоструйной» резки (Рис. 1б), получившей в Европе название технологии HiFocus (фирма Kjellberg, «ФРГ»)¹ или HiDefinition (фирма Hypertherm, США)².

Испытания проводились на образцах сталей: 45, У8, 5ХНМ, ХВГ. Насыщение происходило при температуре 900°С в течение 4 часов. В результате такого режима формируются диффузионные покрытия, толщина которых в пределах 70 - 100 мкм, в зависимости от состава обмазки и марки стали.

В случае боросилицирования в смеси с 20% SiC диффузионные слои имеют характерное для борирования игольчатое строение [2]. При увеличении доли SiC в поверхностный слой диффундирует наряду с бором повышенная доля атомов кремния, что приводит к появлению в структуре диффузионных слоев значительной доли силицидных фаз. Микроструктурный анализ показывает, что при боросилицировании в смеси с 60% SiC формируются диффузионные слои, структура которых значительно отличается от боросилицированных при 20% SiC. В строении боросилицированных слоев полученных в смеси с 60% SiC наблюдается различный характер конгломератного соотношения боридных и силицидных фаз, особенно вблизи границы светлого диффузионного слоя с темной диффузионной переходной зоной.

Структурные изменения, имеющие место в результате боросилицирования при различных параметрах ХТО, существенно сказываются на показателях микротвердости и микрохрупкости диффузионных слоев. Микротвердость боридных фаз определялась с помощью прибора ПМТ-3 (табл. 1).

Высокие показатели микротвердости имеют место в случае борирования, это связано с находящей вблизи поверхности фазой FeB с микротвердостью 1700 - 1900. Под слоем фазы FeB располагается зона фазы Fe₂B, твердость которой несколько ниже – на уровне 1300-1500. В случае боросилицирования в смеси с 20% SiC микротвердость поверхностных слоев как раз и соответствует микротвердости фазы Fe₂B и находится на уровне 1300 на образцах сталей 45, У8, на уровне 1500 на сталях 5ХНМ и ХВГ.

Изменение структурного состояния боросилицированных слоев очень заметно сказывается на микрохрупкости, которая определялась по напряжению скола при вдавливании алмазной пирамиды прибора ПМТ-3 по методике, описанной в работе [3]. При этом напряжение скола определялось по формуле:

$$\sigma_{ск} = \frac{0,174p}{2t^2 + tc},$$

где p – нагрузка на пирамиду, кг;
 t – расстояние от центра отпечатка пирамиды до грани образца, мм;
 c – диагональ отпечатка пирамиды, мм;

$$c = \frac{\sqrt{1850p}}{H_p},$$

где H_p – микротвердость p , кг/мм².

Табл.1

Вид ХТО	Марка стали	Напряжение скола, $\sigma_{ск}$ МПа, ($p=0,49H$)	Микротвердость, $H_{0,49}$
Боросилицирование (20% SiC)	45	1305	1380
	У8	925	1330
	5ХНМ	950	1530
	ХВГ	890	1330
Боросилицирование (40% SiC)	45	2145	1290
	У8	2870	1260
	5ХНМ	3490	1490
	ХВГ	4010	1580
Боросилицирование (60% SiC)	45	6670	1100
	У8	7015	1200
	5ХНМ	9365	1230
	ХВГ	8125	1140

Так, наиболее твердая поверхностная зона из фазы FeB боридного слоя обладает и наиболее высокой хрупкостью (минимальный уровень напряжения скола). В случае боросилицирования в смеси с 20% SiC при снижении микротвердости всего на 20-25%, относительно борирования (до уровня 1300-1500, что характерно фазе Fe₂B), напряжение скола

увеличивается в 2,5 - 3 раза, что свидетельствует о значительном повышении сопротивлению хрупкому разрушению диффузионно-упрочненных поверхностей деталей при их работе в условиях динамических воздействий в процессе изнашивания. Если получать боросилицированные детали в смеси с 60% SiC, то при относительно высокой микротвердости 1100-1200, сопротивление сколу увеличивается в 7 - 8,5 раз по сравнению с боросилицированными с 20% SiC (табл.1).

Таким образом, получая отличающиеся по структуре диффузионные слои с различным соотношением боридных и силицидных фаз можно в значительной степени влиять на сопротивление хрупкому разрушению поверхностных слоев деталей, эксплуатирующихся в реальных условиях в парах трения, при периодических или постоянных ударных воздействиях. Так, если процесс изнашивания протекает в условиях сравнительного невысокого уровня периодически проявляющихся ударных воздействий, можно использовать процесс боросилицирования в смеси с 20% SiC. В случае, если в парах трения постоянно имеют место значительные динамические воздействия, во избежания скола диффузионно-упрочненных поверхностей целесообразно получать боросилицированные слои, состоящие из конгломерата боридных и силицидных фаз. Такие диффузионные слои можно сформировать в случае боросилицирования в разработанных порошковых смесях и обмазках с содержанием в смеси 60% SiC.

Литература

1. Ситкевич, М.В., Бельский, Е.И. совмещенные процессы химико-термической обработки с использованием обмазок. – Мн.: Высшая школа, 1987 с.72-82.
2. Бельский, Е.И., Ситкевич, М.В., Понкратин, Е.И., Стефанович В.А. Химико-термическая обработка инструментальных материалов. – Мн.: Наука и техника, 1985. – 248 с.
3. Григоров, П.К., Каханов, Б.Б. Методика определения хрупкости борированного слоя. – В сб. Трудов НИИТМАШ: Повышение надежности и долговечности деталей машин. Вып. 16. Ростов н/Д., с. 97-98.

Строительные и дорожные машины

Модернизация аксиально-поршневых гидромашин многомоторного привода

Котлобай А.Я., Котлобай А.А.

Белорусский национальный технический университет

Одним из возможных направлений модернизации аксиально-поршневых гидромашин многомоторных приводов ходового и рабочего оборудования строительных и дорожных машин является создание многопоточных гидромашин, позволяющих уменьшить удельный вес механических передач в кинематической цепи привода ходового и рабочего оборудования при создании гидрообъемных многомоторных приводов [1].

Перспективной может оказаться конструктивная схема аксиально-поршневой гидромашин с гидрораспределителем, выполненным на основе сопряжения вал – втулка.

В аксиально-поршневой гидромашине (рис. 1) блок цилиндров 4 установлен по наружной образующей поверхности в подшипнике скольжения 5, и опирается на упорный подшипник качения, установленный на крышке корпуса.

Группы полукольцевых пазов выполнены на образующей поверхности подшипника скольжения 5. Число потоков определяется числом групп полукольцевых пазов. Полость каждого цилиндра связана с двумя пазами: подводящим, и отводящим. При совмещении потоков ряда цилиндров, расположенных в блоке любым образом, рабочие полости этих цилиндров будут связаны с данной группой полукольцевых пазов. Данная конструктивная схема располагает широкими возможностями по изменению числа потоков.

В трехпоточной аксиально-поршневой гидромашине (см. рис. 1 а) образованы три группы полукольцевых пазов 6, 7. Рабочие полости групп диаметрально расположенных поршней 3, связаны с полостями групп полукольцевых пазов 6, 7 посредством радиальных каналов 8 на образующей поверхности, и продольных каналов 9 блока цилиндров 4. Полости полукольцевых пазов 6, 7 связаны с каналами 10, 11 в корпусе гидромашин подвода и отвода рабочей жидкости в рабочие полости гидромашин.

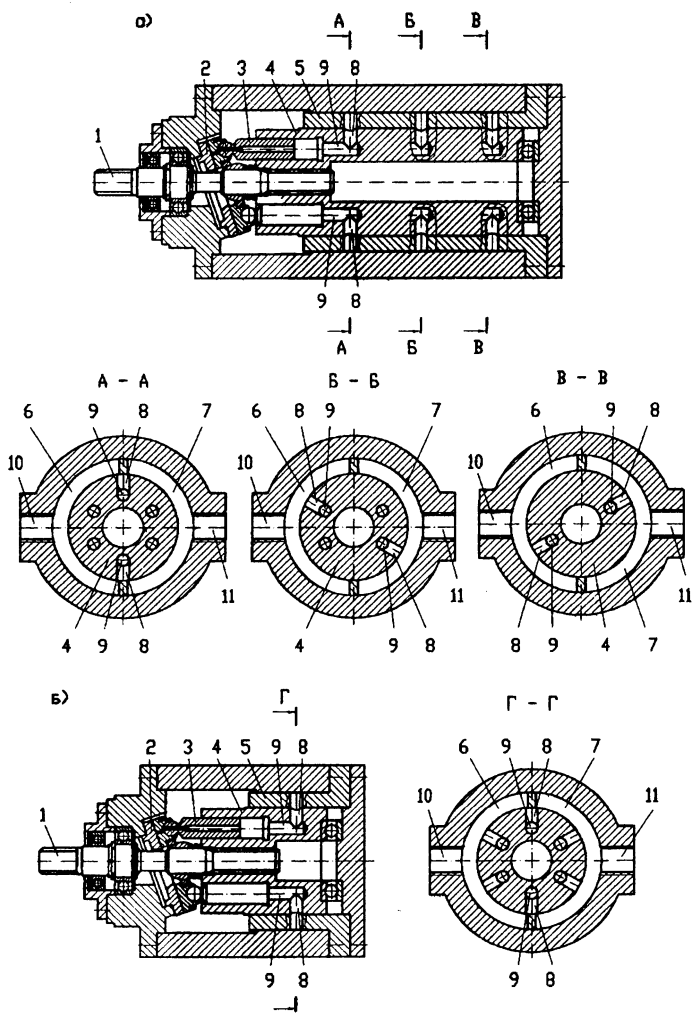


Рис. 1. Аксиально-поршневая гидромашина: 1 – ведущий вал; 2 – наклонная шайба; 3 – поршень; 4 – блок цилиндров; 5 – подшипник скольжения; 6, 7 – полукольцевые пазы; 8, 9 – каналы блока цилиндров; 10, 11 – каналы корпуса гидромашины

В однопоточной гидромашине (см. рис. 1 б) рабочие полости поршней 3 связаны посредством каналов 8, 9 с полостями одной группы полукольцевых пазов 6, 7.

В многопоточной гидромашине с неподвижным блоком цилиндров (рис. 2) гидрораспределитель состоит из корпуса 5, с валом 6, установленным в подшипнике скольжения 7. Вал 6 соединен с валом 1 муфтой. На валу 6 выполнены кольцевые канавки 8, связанные радиальными 9, и продольными 10 каналами с рабочими полостями, образуемыми поршнями 3. На валу 6 образованы сегментные пазы 11, полости которых связаны с полостями кольцевых канавок 8.

В подшипнике скольжения 7 выполнены каналы, подводящие 12, и отводящие 13, связанные с полостями сегментных пазов 11. Каналы 12, 13 объединены попарно посредством пазов 14, образованных на наружной поверхности подшипника скольжения 7. Пазы 14 связаны с подводящими 15 и отводящими 16 каналами, образованными в корпусе 5 распределителя. При вращении вала 1 рабочие полости цилиндров постоянно связаны с полостями сегментных пазов 11, периодически соединяющихся с подводящими 12 и отводящими 13 каналами.

Применение гидрораспределителя кранового типа у аксиально-поршневых машин с вращающимся и неподвижным блоком цилиндров позволяет реализовать:

- конструктивные схемы с числом потоков, равным числу цилиндров гидромашин;
- группирование объединенных потоков цилиндров, с любым числом и положением в блоке.
- достигнуть необходимого уровня уплотнения известными технологическими приемами: повышением точности и качества изготовления сопрягаемых поверхностей.

Литература

1. Леонович, И.И., Котлобай, А.Я., Котлобай, А.А. Насосные установи многомоторных приводов технологических машин. Вестник Белорусского национального технического университета, 2005, № 6.

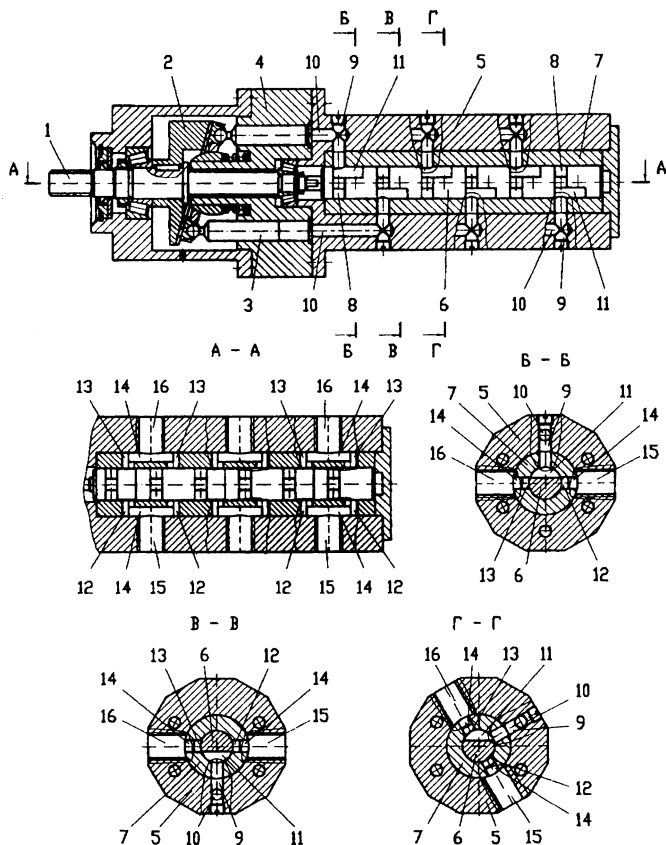


Рис. 2. Аксиально-поршневая гидромашина с неподвижным блоком цилиндров: 1 – ведущий вал; 2 – наклонная шайба; 3 – поршень; 4 – блок цилиндров; 5 – корпус гидрораспределителя; 6 – вал гидрораспределителя; 7 – подшипник скольжения; 8 – кольцевая канавка; 9, 10, 15, 16 – каналы корпуса гидрораспределителя; 11 – сегментный паз; 12, 13 – каналы подшипника скольжения; 14 – пазы подшипника скольжения

**Повышение конкурентоспособности гидрооборудования
мобильных дорожно-строительных машин**

Гарост М.М., Котлобай А.Я., Котлобай А.А.
Белорусский национальный технический университет

При создании мобильных дорожно-строительных машин большой единичной мощности, выполняющих за один проход комплекс технологических операций, возможности реализации объединения ряда активных и пассивных рабочих органов в одной мобильной машине ограничиваются технологической совместимостью, габаритами, системой отбора мощности силовой установки на привод оборудования.

Существенным резервом повышения конкурентоспособности гидравлического оборудования дорожно-строительных машин является уменьшение удельного веса механических передач в кинематической цепи привода ходового и рабочего оборудования при создании гидрообъемных многомоторных приводов.

Такая задача может решаться посредством: создания дозирующих систем, работающих в режимах деления – суммирования потока рабочей жидкости насоса стандартной конструктивной схемы; модернизации конструктивной схемы основных типов насосов.

Рациональным является создание дозирующих систем на основе принципиального технического решения, состоящего в дискретной подаче фиксированных объемов рабочей жидкости последовательно по напорным магистралям потребителей [1]. Насос многомоторного привода работает каждый дискретный промежуток времени с контуром одного потребителя, подключаясь далее последовательно к контуру каждого потребителя гидросистемы.

Возможно создание дозирующих систем рабочей жидкости насоса посредством установки в цепи гидролиний связи насоса с рядом потребителей гидрораспределителя, подключающего насос последовательно в контур каждого потребителя на малое, точно фиксированное время. Такой гидрораспределитель может быть решен как роторный (крановый) с гидравлическим, либо механическим приводом [2].

В роторном гидрораспределителе полость ротора с рабочей жидкостью периодически включается на строго определенное время в напорные магистрали потребителей в очередности, заданной алгоритмом работы дозирующей системы. Время подключения определяется соотношением геометрических параметров каналов ротора и статора.

Дозирующие системы позволяют достигнуть:

- независимость работы контуров потребителей при дискретно синхронном расходе рабочей жидкости по напорным магистралям потребителей;
- возможность изменения числа насосов и контуров потребителей в соответствии с потребностями реализуемого гидроривода;
- возможность регулирования параметров расхода рабочей жидкости по напорным магистралям потребителей данного насоса.

В рамках реализации второго направления в аксиально-поршневом насосе стандартной конструктивной схемы может быть применен опорно-распределительный диск с двумя (и более) группами полукольцевых пазов [3], блок цилиндров с двумя группами поршней, расположенными эквидистантно относительно оси насоса.

Применение многопоточных насосов и дозирующих систем в гидрообъемных трансмиссиях дорожно-строительных машин позволит использовать моноблочные насосные агрегаты, отказаться от применения сложных раздаточных коробок [4].

Одним из наиболее перспективных путей повышения качества и надежности работы гидрообъемных трансмиссий дорожно-строительных машин является их техническое диагностирование.

Внедрение диагностирования в практику эксплуатации дорожно-строительных машин позволяет снизить материальные и трудовые затраты на поддержание надежности машин и обеспечит более высокое качество их технического обслуживания и ремонта.

В Республике Беларусь обязательному диагностированию при проведении периодического технического осмотра подлежат только автомобильный транспорт, а также отработавшие

нормативный срок службы грузоподъемные краны и подъемники [5].

Существующая в настоящее время в мировой практике номенклатура диагностических приборов позволяет также осуществлять качественную и всестороннюю диагностику ДСМ. Так ОАО «ВНИИ стройдормаш» (Россия) разработало систему диагностирования гидроприводов. В классической комплектации система содержит: средства контролепригодности гидропривода, гидротестер с электронным микропроцессорным прибором, ультразвуковой теческатель, индикатор загрязнения жидкости, технологии диагностирования машин.

Средства контролепригодности (ГОСТ 26656) встраиваются в гидросистему машины постоянно. Устройства полнопоточного отбора рабочей жидкости – трехходовые краны (ПУ) с условным проходом $D_y = 15...25$ мм, реализующие различные схемы перераспределения гидравлических потоков РЖ, устанавливаются на выходе каждой напорной секции насоса в разрыв резьбовых или фланцевых соединений. Кроме этого в гидросистему устанавливаются переходники с элементами быстроразъемных соединений (БРС). Места установки – контуры гидроприводов, снабженные вторичными предохранительными клапанами, после гидрораспределителя в разрыв резьбовых или фланцевых соединений.

Гидротестеры: универсальный (ГТУ) с подсоединительными головками, рукавами высокого давления (РВД) с условным проходом $D_y = 25$ мм, подсоединяемый к ПУ и БРС на период проведения измерений, или моноблочный (ГТП) в отдельном корпусе. Гидротестеры снабжены датчиками расхода, давления (в ГТП используется манометр избыточного давления), температуры РЖ и частоты вращения маховика дизеля диагностируемой машины, которые подключаются к микропроцессорному или аналоговому прибору ГТП. Универсальный гидротестер содержит также дополнительный канал с БРС для подключения РВД с манометром для индивидуальной настройки вторичных предохранительных клапанов без нарушения настройки давления первичного клапана. Нагрузочное устройство гидротестера позволяет измерять расход РЖ в диапазоне давлений 0,5 – 40,0 МПа.

Электронный микропроцессорный прибор преобразует сигналы с датчиков расхода, давления, температуры, загрязнения РЖ, частоты вращения; измеряет разницу расходов и КПД; выводит результаты измерений на дисплей; обеспечивает накопление в реальном времени и хранение в течение шести месяцев информации об измеренных параметрах 60 машин для последующего использования или обработки на компьютере.

Ультразвуковой течеискатель используется для локализации и количественной оценки внутренних утечек в гидравлических агрегатах и для определения технического состояния «стучащих» соединений (золотников, форсунок, клапанов, подшипников) по отношению амплитуды огибающей вибросигнала к среднему значению, имеющему термин «пик-фактор».

ОАО «Стройдормаш» также разработан микропроцессорный прибор МП-2002-03. Прибор содержит восемь аналоговых и пять импульсных входов с датчиков расхода, давления, температуры, загрязнения РЖ, частоты вращения и ультразвукового преобразователя внутренних утечек и параметров «стучащих» соединений.

Программное обеспечение прибора позволяет, кроме основных опций, условно разбить каждую диагностируемую машину на 20 узлов с 30 контрольными точками и 5-кратным повторением измерений. Информация о протекающих процессах отображается на ЖК-дисплее с подсветкой, имеющем две строки по 24 символа (русско-английского текста). С помощью прибора можно записать (график) и проанализировать в реальном времени значения любого параметра с датчиков, например характер изменения давления при срабатывании предохранительного клапана непрямого действия.

Обработка полученных данных проводится автоматически с контролем их достоверности. Результаты обработки данных сводятся в иллюстрированные листы, где напечатаны режимы диагностирования и данные по утечкам в линиях от каждого насоса и давления в клапанах. Дополнительно для наглядного представления с правой стороны напечатаны элементы линии, входящие в данный модуль для логической проработки полученных результатов.

Для кранов и экскаваторов разработаны технологии для ручного диагностирования с маршрутной и диагностической карта-

ми и для автоматизированного диагностирования – с помощью компьютера с программным обеспечением. Время полного диагностирования гидропривода на СДМ занимает не более 60 мин.

По оценкам организаций, эксплуатирующих СДМ, внедрение системы диагностирования на основе микропроцессорного прибора на 80 % сокращает трудозатраты поиска неисправностей и настройки гидроприводов машин.

Для повышения эффективности использования и уровня технической готовности СДМ целесообразно создать в областях региональные диагностические центры, оснастив их современным диагностическим оборудованием и приборами.

Для методической помощи организациям, занимающимся эксплуатацией СДМ, во внедрении диагностирования гидрооборудования, целесообразно разработать методические указания по организации диагностирования гидропривода.

Литература

1. Котлобай, А.Я., Котлобай, А.А., Маров, Д.В. О создании гидравлических модульных дозирующих систем приводов машин. Вестник Белорусского национального технического университета, 2005, №2.
2. Котлобай, А.Я., Котлобай, А.А. Дозирующие агрегаты трансмиссий технологических машин. Промышленная безопасность, 2006, №1.
3. Леонович, И.И., Котлобай, А.Я., Котлобай, А.А. Насосные установки много моторных приводов технологических машин. Вестник Белорусского национального технического университета, 2005, №6.
4. Котлобай, А.А. Модернизация гидрообъемной трансмиссии погрузчика. Наука – образованию, производству, экономике. Материалы Третьей международной научно-технической конференции. В 2 томах. Том 1. Минск 2006.
5. Гарост, М.М., Котлобай, А.Я., Котлобай, А.А. О повышении эффективности эксплуатации строительных и дорожных машин. Наука – образованию, производству, экономике. Материалы Третьей международной научно-технической конференции. В 2 томах. Том 1. Минск 2006.

**О создании комплекса машин и оборудования
для заготовки топлива из ДКР, удаляемой с объектов
строительного комплекса**

Соколовский Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Экономия сырьевых и энергетических ресурсов и охрана окружающей среды является одной из важнейших проблем в Республике Беларусь, что делает исключительно важной проблему использования низкокачественного древесного сырья, образующегося в процессе лесозаготовок, расчистки от древесно-кустарниковой растительности (ДКР) трасс электропередач, газо- и нефтепроводов, полос отвода дорог, строительных площадок и т.д.

В настоящее время данная древесина собирается и в большинстве случаев сжигается или вывозится на свалку. Вместе с тем, собранная древесина при переработке ее на щепу может эффективно использоваться для производства плит и целлюлозы, получения тепловой энергии и т.д. Однако из-за отсутствия в стране современных заводов по производству плит и целлюлозы технологическое сырье из ДКР пока не будет востребовано и его целесообразно применять для получения тепловой энергии.

Значительную часть в общей статье расходов составляют погрузка, транспортировка древесных отходов к месту их складирования или утилизации. Для уменьшения затрат рекомендуется перерабатывать тонкомерные деревья и кустарник на щепу. Если затраты на удаление можно считать постоянной величиной, то расходы на погрузку, транспортировку, выгрузку ДКР и складирование зависят от расстояния перевозки, плотности загрузки перевозимого материала, вида применяемого транспорта. Плотность загрузки можно определить с помощью коэффициента полндревесности для веток и сучьев составляет 0,087-0,12, при плотной укладке тонкомерных деревьев коэффициент полндревесности может составлять до 0,25. Для щепы он составляет 0,36-0,4, т.е. в 4 раза больше чем для веток и кустарника и в 1,5 раза больше для тонкомерных деревьев, поэтому решение вопроса утилизации зависит от наличия специальных машин для ее переработки.

Существует три класса рубильных машин: стационарные, полустационарные и передвижные (мобильные). Применение стационарных рубильных машин в строительном комплексе нецелесообразно, так как они отличаются большой металлоемкостью, сложны в эксплуатации и для их установки требуется фундамент, что исключает возможность быстрой переброски их с объекта на объект. Рационально использовать мобильные рубильные машины, установленные непосредственно на тракторе или автоприцепе, а также полустационарные рубильные установки. Выбор того или иного варианта рубильной машины зависит от технологического процесса, техники применяемых в каждом отдельном случае, а также параметров перерабатываемой древесины.

Существует несколько технологических схем переработки древесины на щепу:

1. Переработка древесины с одновременным разбросом щепы по поверхности осваиваемой площади в качестве органического удобрения (при этом использование ее в качестве топлива не происходит).
2. Переработка древесины с одновременным складированием щепы в кучи.
3. Переработка древесины с подачей щепы непосредственно в подвижной состав (кузов автомашины, прицеп, контейнер и т.д.).

Третья схема переработки древесины с подачей щепы в подвижной состав является наиболее рациональной, так как она более мобильна. Организация технологического процесса по данной схеме предполагает следующие основные варианты:

1. Переработка ДКР мобильной рубильной машиной на щепу с погрузкой в кузов или прицеп транспортного средства.
2. Переработка ДКР мобильной рубильной машиной на щепу с погрузкой в контейнер автомобиля с системой «мультилифт».
3. Переработка ДКР мобильной рубильной машиной на щепу с погрузкой в собственный бункер и дальнейшей перегрузкой в контейнер автомобиля с системой «мультилифт».

Организация технологического процесса по первой схеме

следующая: срезанный кустарник и тонкомерные деревья сбиваются в валы вдоль дороги. Рубильная машина перемещается вдоль полосы отвода дороги и перерабатывает ДКР в прицеп или кузов стоящего рядом транспортного средства. В данном случае рационально в качестве второго транспортного средства рационально использовать трактор с прицепом большой вместимости. В зависимости от количества перерабатываемого древесного сырья это может быть МТЗ-80/82 с прицепами ПСЕ-Ф-12,5 Б, ПСТ-9 или МТЗ-1221 с прицепами ПСТ-12, ПС-30 (ПС-45).

При другом варианте срезанный кустарник и тонкомерные деревья перерабатываются на щепу рубильной машиной в оставленный трактором прицеп. При заполнении прицепа трактор забирает его, и оставляет рубильной машине порожний, после чего рабочий цикл повторяется.

При организации технологического процесса по второй схеме срезанные кустарник и тонкомерные деревья перерабатываются на щепу рубильной машиной в контейнеры, оставленный автомобилем с системой «мультилифт» на некотором расстоянии друг от друга. При заполнении контейнера приезжает автомобиль, забирает полный контейнер и оставляет в случае необходимости порожний. После чего рабочий цикл повторяется.

Организация технологического процесса по третьей схеме предполагает сбор кустарника и тонкомерных деревьев кучи или валы вдоль дороги, а также наличие рубильной машины с бункером для щепы. При данной схеме происходит переработка ДКР на щепу рубильной машиной с погрузкой ее в бункер. По мере наполнения бункера рубильная машина подъезжает к контейнеру, оставленному автомобилем с системой «мультилифт», и перегружает в него щепу из бункера. Заполненный контейнер забирается автомобилем, а на него место в случае необходимости оставляется порожний.

Преимуществом первой схемы является сравнительная простота и доступность в исполнении. Вместе с тем она имеет ряд недостатков: простой техники под погрузкой, необходимость при втором варианте сбора срезанной ДКР в кучи, расположенные на некотором расстоянии друг от друга, что требует определенных затрат ручного труда.

Вторая схема организации технологического процесса ис-

ключает простой техники под погрузкой, но требует сбор срезанной ДКР в кучи, что требует определенных затрат труда рабочих. Следует также отметить малое распространение автомобилей с системой «мультилифт» в Республике Беларусь.

Третья схема технологического процесса с использованием рубильной машины с бункером является предпочтительной, так как лишена недостатков первых двух схем. Однако ограничение ее использования связано с более высокой стоимостью рубильной машины и отсутствием в республике данных типов рубильных машин.

В заключении следует отметить, что в настоящее время вопрос удаления и рационального использования ДКР в дорожной отрасли начинает становиться серьезной проблемой. Повышенные экологических требований к утилизации древесины и подорожание традиционных энергоносителей неизбежно приведет к необходимости использования древесных отходов, образующихся в процессе расчистки полосы отвода, рубках ухода и других видах работ в строительном комплексе (и дорожной отрасли в частности) как это произошло в западных странах.

В настоящее время одним перспективных решений проблемы использования ДКР в строительном комплексе республики является получение из нее топлива. Для эффективного решения проблемы необходимо применять мобильные рубильные машины и транспортные средства большой вместимости или автомобили с системой «мультилифт» с несколькими сменными контейнерами, а также современную, ориентированную на специфические особенности Республики Беларусь, технологию взаимодействия указанных выше технических средств.

Применение данных технических средств в совокупности с возникающей сейчас структурой потребления топливной щепы позволит в дальнейшем решить проблему использования ДКР, образующейся при удалении деревьев и кустарника на объектах строительного комплекса, в качестве топлива, а также существенно снизить затраты на древесное топливо, его погрузку, транспортировку и утилизацию.

**Анализ транспортных средств для транспортировки
древесного топлива применительно к строительному
комплексу Республики Беларусь**

Синяк С.М.

Белорусский национальный технический университет

В связи с ростом цен на традиционные импортируемые энергоносители (газ, мазут, каменный уголь) и, как следствие, повышении стоимости производимой продукции руководством страны поставлена задача в ближайшие годы заменить 25% импортируемых энергоресурсов на местные виды топлива. В республике Беларусь интенсивно ведется поиск местных альтернативных источников энергии. Одним из таких источников являются древесные отходы деревообрабатывающих предприятий и предприятий лесной промышленности (опилки, обрезки и т.д.), а также древесные отходы, образующиеся при лесозаготовках. Преимуществами использования их в качестве топлива являются экологическая чистота по сравнению с другими видами топлива, отсутствие при сжигании воздействия на баланс свободного углерода в атмосфере, ведущего к развитию «парникового» эффекта. Зола, образующаяся при сжигании древесины, используется в качестве удобрения.

В Республике Беларусь замена традиционного топлива древесным, несмотря на его очевидные преимущества, происходит крайне медленно. Указанный факт связан с рядом препятствий как экономического, так и чисто технического характера. Одной из таких проблем является доставка топливной щепы от места добычи к энергетическим установкам, а именно отсутствие специального транспорта способного перевозить большие объемы древесного топлива с высокими транспортными скоростями.

Однако, чем больше вместимость транспортного средства, тем больше времени он вынужден находиться под погрузкой, особенно, если топливная щепка получается непосредственно на лесосеке, посредством передвижной рубильной машины, без предварительного накопления. В этом случае погрузка может затянуться не на один час, тем самым уменьшая производительность транспортного средства и приводя к увеличению себестоимости древесного топлива. Как показали исследования, зна-

чительную часть в стоимости древесного топлива составляет именно стоимость его доставки, поэтому обеспечение эффективного использования древесных отходов в качестве сырья для энергетических установок (за исключением предприятий имеющих собственные отходы) невозможно без решения вопроса его эффективной транспортировки.

На сегодняшний момент для транспортировки древесного топлива в Республике Беларусь применяются следующие технические средства:

1). Широкое распространение получили тракторы МТЗ 80(82) с одним или несколькими прицепами 2ПТС-4 (объемом кузова 4 м^3). Прицеп, как правило, дооборудуют надставными бортами, при этом вместимость транспортного агрегата может достигать 12 м^3 . Нарращивание бортов зачастую происходит крайне безграмотно, что приводит не только к преждевременному выходу из строя прицепа, но и создаёт реальную опасность при движении трактора по дорогам. К достоинствам тракторной перевозки древесных отходов следует отнести доступность и относительно невысокую стоимость комплектования мобильного агрегата, высокую проходимость и низкие издержки при эксплуатации. К недостаткам – малую вместимость и низкие (до 25 км/ч) транспортные скорости, что приводит к нецелесообразности использования трактора при расстояниях транспортирования древесного топлива более 9 км .

2). При транспортировании на расстояния более 10 км , как правило, применяется грузовой транспорт. В лучшем случае его, также как и тракторные прицепы, дооборудуют надставными бортами высотой до 500 мм , добиваясь вместимости в $10\text{-}15 \text{ м}^3$. В данном случае использование грузоподъёмности машины происходит менее чем на половину, что ведёт к дополнительным затратам.

3). Помимо перечисленных транспортных средств на территории Беларуси для транспортирования древесного топлива используют промышленно выпускаемые щеповозы марок МАЗ-9506 и САТ-105. Указанные щеповозы выполнены по типу полуприцепа и имеют вместимость по $40,8 \text{ м}^3$. В качестве тягачей могут использоваться МАЗы или иные тягачи, рекомендованные заводом изготовителем. Основным недостатком при применении щеповозов являются вынужденные простои при

погрузке топлива. Так при применении рубильной машины с производительностью 10-15 м³/час, топливовоз будет простаивать в среднем около 4 часов.

Кроме того, как показали исследования, для сбора древесного топлива с нескольких объектов, используя указанную выше технику, для исключения вынужденных простоев при загрузке топлива, необходимо приобретать дополнительные прицепы или полуприцепы.

Как можно убедиться из приведенного выше анализа на сегодняшний момент в Белоруссии нет транспортных средств удовлетворяющих всем основным требованиям: высокая скорость при транспортировке древесного топлива, большая вместимость, минимальные простои при погрузке и разгрузке.

В перспективе решать вопрос по доставке древесного топлива к энергоустановкам планируется применением машин оборудованных системой “Мультилифт”. Данный тип транспортного средства не имеет указанных выше недостатков. Так для сбора древесного топлива с нескольких точек лесосека, деревообрабатывающее предприятие и т.д. потребуется приобрести дополнительные контейнеры, что несоизмеримо с приобретением дополнительного полуприцепа в случае использования щеповозов МАЗ-9506 или САТ-105 как по покупной цене, так и по эксплуатационным расходам. Также с системой “Мультилифт” может применяться ряд дополнительного оборудования: бытовка, эвакуатор, цистерна, кузов, сортиментовоз и т.д. Вместимость топливовоза может достигать до 40 м³ (насыпных). Погрузка длится не более 5 минут. Автомобиль имеет высокую транспортную скорость.

Конструкция установки типа “Мультилифт” бывает трёх видов – это тросовая, крюковая и цепная. Последняя, цепная конструкция, из-за сложности в изготовлении и многочисленных проблем при эксплуатации на сегодняшний момент не выпускается.

Наиважнейшей проблемой при транспортировке является увеличение количества одновременно транспортируемого древесного топлива, при этом добиваясь максимального использования грузоподъёмности и тяговой способности автомобиля. Добиться указанных условий при использовании машин с системой типа “Мультилифт” позволяет использование специаль-

ного прицепа на котором размещается еще один (кроме размещённого на шасси) контейнер. При этом вместимость автопоезда соответственно увеличивается в два раза (до 80 м³) при незначительных дополнительных затратах, что позволяет снизить себестоимость транспортировки древесного топлива.

Технологический процесс по доставке древесного топлива шасси с системой “Мультилифт” с прицепом отличается от техпроцесса без прицепа в связи с необходимостью перегрузки контейнера с шасси на прицеп и обратно. При этом время на загрузку и разгрузку шасси с прицепом увеличилось и составляет 15-20 минут.

Конструкция прицепа для машин с системой “Мультилифт” канатного и крюкового типа различна. Связано это с особенностями перегрузки контейнера с шасси на прицеп. Так при использовании канатной системы чтобы контейнер начал движение по направляющим роликам необходимо наклонить платформу на угол α . При этом опорные ролики контейнера находятся ниже высоты платформы шасси, именно по этой причине при комплектовании автопоездов с применением системы “Мультилифт” тросового типа необходимо применять специальные низкорамные прицепы. При использовании системы “Мультилифт” крюкового типа используют промышленно выпускаемые прицепы с незначительной доработкой.

В республике Беларусь на сегодняшний момент промышленно выпускается машина с системой “Мультилифт” тросового типа грузоподъёмностью 8 т. Установка монтируется на шасси МАЗ-5337, вместимость сменных контейнеров достигает 20 м³. Машина успешно применяется в коммунальной отрасли по вывозке строительного мусора.

Литература

1. Вавилов, А.В., Жихар, Г.И. и др. Малая энергетика на биотопливе. – Минск, УП «Технопринт», 2002. – с. 246.
2. Шенец, Л.В. “Энергоэффективность”, 2004, № 10.

**Информационно-
измерительная техника
и технологии**

Методика испытаний полупроводниковых фотоэлектрических нуль-детекторов

Воробей Р.И., Гусев О.К., Свистун А.И., Тявловский К.Л.,
Шадурская Л.И.

Белорусский национальный технический университет

Фотоэлектрические нуль-детекторы находят широкое применение в технике получения и обработки измерительной информации [1]. Одним из ключевых вопросов обеспечения их метрологической надежности является прогнозирование изменений их свойств в процессе эксплуатации. В данной работе на основе анализа свойств 50 структур Ni-nGe-Ni проведен анализ стабильности метрологических характеристик в течение периода до трех лет.

На рис.1 показаны дополнительные погрешности измерений длины волны, возникающие в период времени хранения детекторов до трех лет, возникающие за счет изменения плотности мощности излучения от 10^{-5} до 10^{-3} Вт/см². В детекторах первой группы (45 детекторов) дополнительная погрешность составляет $2 \cdot 10^{-6}$ мкм и сравнима со случайной погрешностью измерений. Для структур второго типа (3 структуры) и третьего типа (2 структуры) наблюдается существенный рост дополнительной погрешности, приводящий суммарную погрешность за рамки допустимых значений.

На рис.2 показаны зависимости измеряемой длины волны от плотности мощности оптического излучения для структур третьего типа. Увеличение плотности мощности излучения приводит при $W > 10^{-5}$ Вт/см² к падению измеренного значения длины волны по отношению к номинальной градуировочной характеристике. Таким образом, структуры, характеризующиеся наихудшей метрологической надежностью (группа 3) при измерении плотности мощности оптического излучения, не могут быть выявлены сразу после изготовления в процессе приемосдаточных испытаний.

На рис.3. представлены автокорреляционные функции аналогового сигнала длины волны с выхода измерительного преобразователя на основе фотоэлектрического нуль-детектора. В экспериментах использовался анализатор спектра СК4-71.

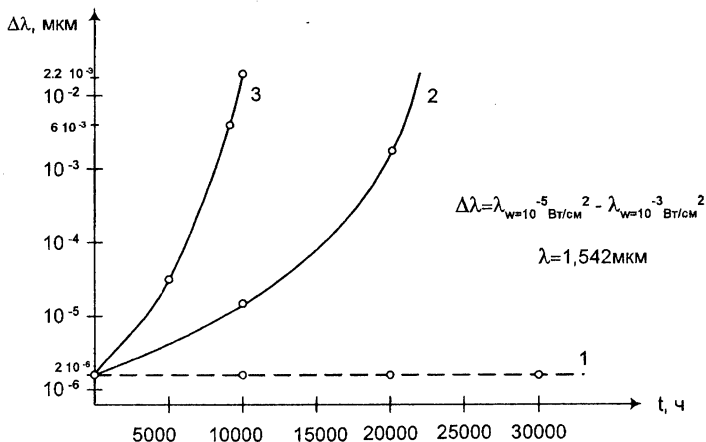


Рис.1. Временная зависимость дополнительной погрешности измерений длины волны от изменений плотности мощности оптического излучения для трех групп фотодетекторов

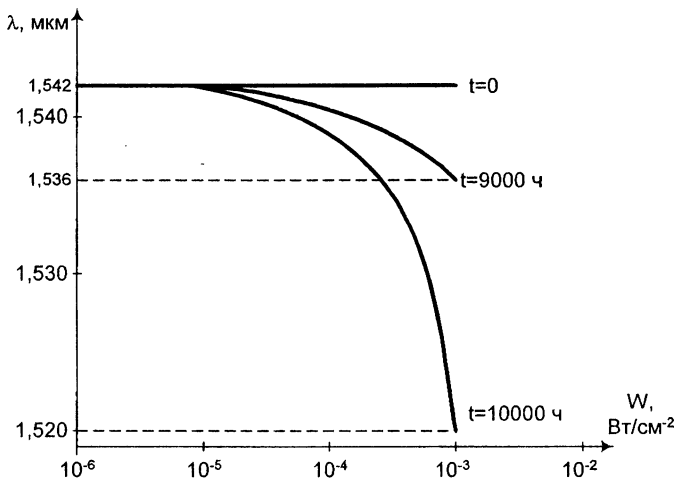


Рис.2. Зависимость измеренной длины волны от плотности мощности оптического излучения для третьей группы фотодетекторов после различного времени хранения

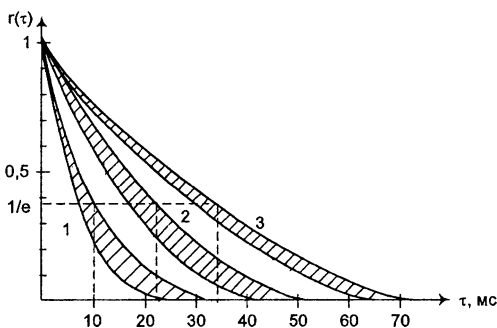


Рис.3. Области значений автокорреляционной функции аналогового измерительного сигнала длины волны для третьей группы фотодетекторов

Видно, что автокорреляционные функции являются затухающими, причем постоянные времени автокорреляции существенно различаются. В частности, применение постоянной времени значения 10мс может служить критерием принадлежности фотодетекторов ко второй и третьей группам.

Выводы

1. В процессе долговременного хранения (1-3 года) фотоэлектрических нуль-детекторов на основе Ni-nGe-Ni возникают источники дополнительных погрешностей измерения длины волны, вызванные изменением плотности мощности оптического излучения.

2. Ускоренные испытания на метрологическую надежность и отбраковка потенциально ненадежных приборов могут осуществляться на основе измерений автокорреляционной функции аналогового измерительного сигнала с выхода измерительного преобразователя. Превышение постоянной времени автокорреляционной функции значения ~ 10 мс является критерием отнесения детекторов к группе, не обладающей метрологической надежностью.

Литература

1. Яржембицкий, В.Б., Шадурская, Л.И., Свистун, А.И. Функциональные возможности и базисные структуры фотоэлектрических нуль-детекторов / Вестник БНТУ №6, 2003, с.43-47.

Неразрушающий контроль механических напряжений на поверхности проводящих объектов

Гусев О.К., Киреенко В.П., Русакевич Д.А., Тявловский К.Л.,
Тявловский А.К.

Белорусский национальный технический университет

В производстве интегральных схем и приборов точной механики создание высококачественных маскирующих покрытий и поверхностей без механических напряжений является одной из основных проблем совершенствования технологии. Анализ пространственного распределения поверхностного потенциала может быть эффективно использован для обнаружения скрытых дефектов структур полупроводниковых приборов и материалов электронной техники. Для измерения электрического потенциала поверхности используется бесконтактный неразрушающий метод зонда Кельвина.

Сопоставление пространственного распределения электрического потенциала поверхности с дефектностью эпитаксиальных пленок на Si и GaAs подложках выявило корреляцию толщины переходной области и локализации скопления дефектов на поверхности эпитаксиальной пленки. Метод зонда Кельвина может успешно использоваться для выявления и определения глубины нарушенного слоя, что подтверждено при его последовательном съеме и оценке качества подготовки поверхности подложки после химико-механической полировки по параметрам распределения электрического потенциала поверхности. Для группы пластин из различных партий после операции полировки, характеризующихся неоднородной поверхностью ($\max \Delta U > 50$ мВ, $\Sigma S_v > 30\%$, $\alpha < 0,7$) проведены повторные измерения электрического потенциала поверхности и морфологии травленной поверхности после съема 10 мкм слоя материала. Значение $\max \Delta U$ снизилось до 20 мВ, ΣS_v – до величины менее 10 % и α увеличилось более чем до 0,9, причем распределение поверхностного потенциала по пластине и микроморфологии травленной поверхности не отличались от пластин с однородной, бездефектной поверхностью. При съеме поверхностного слоя методом химического травления $> 15...20$ мкм величина потен-

циала остается постоянной и соответствует полному удалению нарушенного слоя (рис. 1).

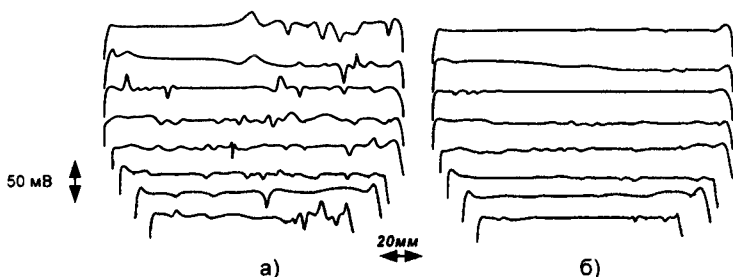


Рис. 1. Пространственное распределение поверхностного потенциала пластин Si и GaAs при не полностью (а) и полностью удаленном механически нарушенном слое (б)

Это связано с тем, что в местах локализации дефектов, представляющих собой участки с повышенной свободной энергией, осуществляется ускоренный обмен примесями между пластиной и окружающей средой, что и вызывает локализованное изменение значений поверхностного потенциала.

Микроморфология образцов с неполностью удаленным нарушенным слоем исследованных с помощью электронного микроскопа свидетельствует о соответствии пространственной локализации участков с плотностью дефектов типа агрегатов примесей около 10^{10} см^{-2} – участкам с величиной неоднородности потенциала менее 10-15 мВ. Равномерное распределение дефектов, свойственное объему полупроводника, достигается на глубине 30-80 нм. Участкам с неоднородностью распределения потенциала более 20 мВ соответствует морфология с характерным распределением неоднородных по размеру декорирующих столбиков с плотностью до $7 \cdot 10^8 \text{ см}^{-2}$.

Эпитаксиальные пленки, выращенные на подложках, характеризующихся низкой степенью однородности поверхности ($\Delta U_{\text{max}} \approx 40-80 \text{ мВ}$, $\Sigma U_{\text{в}} > 20-40\%$; $\alpha < 0,7$), имели большую плотность дислокаций 10^7 см^{-2} и дефектов упаковки $5 \cdot 10^5 \text{ см}^{-2}$, причем равномерное распределение дефектов, свойственное

объему полупроводника, достигается на глубине $> 5-10$ мкм. Метод контроля механически нарушенного слоя и дефектов, приводящих к механическим напряжениям в приповерхностном слое, с использованием зонда Кельвина применялся также для металлических образцов с внедренными алмазными зёрнами и плёнок металла на стеклянных подложках (шаблонах для фотолитографии). Наряду с измерениями КРП проводились измерения дефектности маскирующих покрытий, начиная с размера в $0,5$ мкм и геометрических размеров от 8 до $0,8$ мкм. Критерием воспроизводимости элементов являлась величина отношения отклонения размера элементов от эталонного значения, к размеру элемента на эталоне, выраженная в процентах, которая должна быть меньше установленной границы допуска на номинальный размер.

Установлена корреляционная связь топографической картины распределения поверхностного потенциала на хромированной стеклянной пластине фотошаблона от дефектности маскирующего покрытия и размерных погрешностей элементов. Увеличение отклонения поверхностного потенциала коррелирует с локализацией дефектов и размерной погрешностью элементов. Сопоставление процента выхода годных топологических структур с местами расположения локальных отклонений поверхностного потенциала на пластине позволяет сделать вывод о возможности прогнозирования процента выхода годных структур в зависимости от качества исходной пластины на основании анализа пространственного распределения поверхностного потенциала.

Оценка однородности свойств поверхности исходных подложек методом КРП позволяет прогнозировать получение эпитаксиальных плёнок с заданными параметрами (плотность дефектов, толщина переходного слоя). Соответствие величины поверхностного потенциала типу обработки, а соответствующих численных значений его критериев – качеству обработки и структурному совершенству поверхности позволяет использовать метод зонда Кельвина для входного контроля и группировки структур формируемых приборов с заданными параметрами.

Тестирование узлов микропроцессорной системы управления двигателем

Бренч М.П., Кривицкий П.Г., Лосев Ф.А.

Белорусский национальный технический университет

Требования, предъявляемые к дизелям в настоящее время, обуславливаются повышением агрегатной мощности, уменьшением расхода топлива, улучшением экологических показателей двигателя. Достижение высоких показателей в этих областях возможно только при введении электронного управления и контроля параметров дизельного двигателя.

Цикл разработки системы управления требует значительных материальных вложений и должен осуществляться только последовательным образом. Распараллеливание проектных работ возможно при создании стенда, предназначенного для тестирования программной части системы управления. В этом случае проектирование и модернизацию можно осуществлять в условиях конкретизации только общих исходных данных.

Стенд представляет собой соединение двух электронных блоков на базе микроконтроллеров (рисунок 1). Один из них предназначен для создания необходимых сигналов, идущих от двигателя в систему управления, и фиксации управляющих воздействий от нее – сигнальная модель двигателя; а второй – непосредственно разрабатываемая система управления дизелем.

При таком представлении стенда тестирования возможна разработка и отладка программного обеспечения системы управления, а при покупке узлов двигателя – постепенное их подключение (после разработки согласующих силовых плат) и дальнейшая отладка системы управления. При необходимости модификации уже разработанной системы управления возможно внесение изменений в нее только по известным изменениям параметров и характеристик в отсутствие двигателя.

В стенде представлены различные сигналы датчиков: в виде цифрового интерфейса (датчик температуры) и аналоговых напряжений (датчики давления и педали газа); логических сигналов (блокировка стартера, управление клапаном гидроаккумулятора, включения стартера, выбор форсунки для управления и др.); импульсов различного вида.

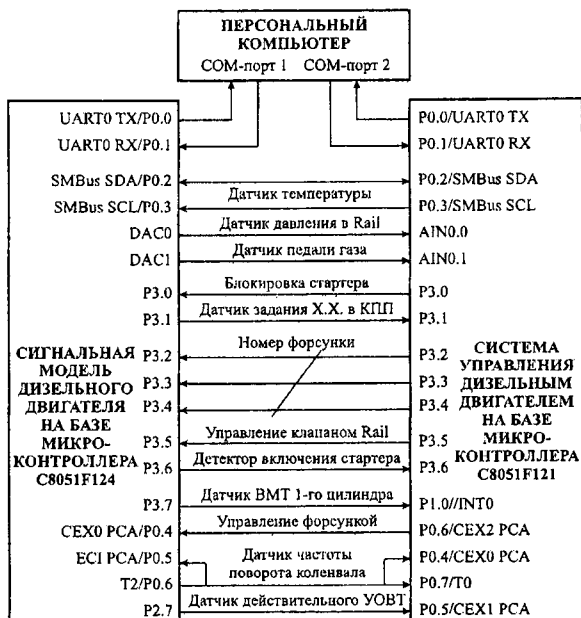


Рисунок 1. Стенд тестирования системы управления дизелем: Х.Х. – холостой ход; КПП – коробка переключения передач; УОВТ – угол опережения впрыскивания топлива

Наиболее важную роль играют сигналы управления системой топливоподачи и связанные с ними сигналы датчиков. Система управления позволяет осуществлять впрыск топлива в шесть цилиндров, выбор форсунки осуществляется подачей управляющего напряжения на силовые переключатели. Сигналы выбора фиксируются электронным блоком модели двигателя для последующего анализа проектировщиком.

Важную роль в системе управления играют сигналы от датчиков частоты вращения коленвала и верхней мертвой точки (ВМТ) первого цилиндра в конце такта сжатия (рисунок 2, б). Эти сигналы определяют временной масштаб управления. Моменты выработки фронтов нарастания и спада сигналов управления синхронизированы с сигналами этих датчиков.

Управление топливной аппаратурой осуществляется подачей на форсунки управляющих сигналов, открывающих запорный

элемент (рисунок 2, а). Сигналы подаются в строгой очередности и в рассчитываемые по показаниям датчиков моменты рабочего цикла двигателя. Для предоставления разработчику возможности анализа результатов тестирования блок модели двигателя осуществляет сохранение моментов рабочего цикла двигателя при приходе фронтов сигналов управления форсунками.

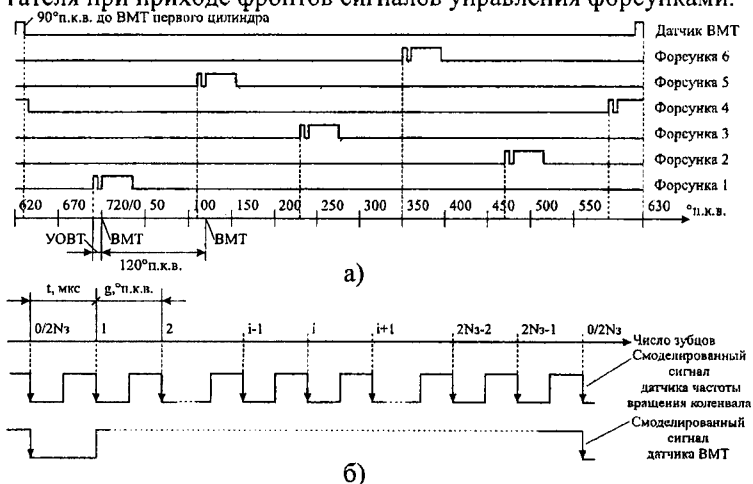


Рисунок 2. Сигналы топливоподачи: а) управления форсунками, б) датчиков частоты коленвала и ВМТ 1-го цилиндра.

Форма управляющего импульса для форсунки определяется требованиями к работе двигателя, в системе управления импульс состоит из двух частей: предвпрыска и основного впрыска. Величины продолжительности открытого состояния форсунки зависят от параметров давления в топливном аккумуляторе, параметров самой форсунки и требуемой цикловой подачи. В общем случае момент времени реального открытия клапана форсунки может запаздывать по отношению к управляющему сигналу, для устранения этого эффекта в систему вводят датчик действительного УОВТ, по показаниям которого можно измерить это запаздывание и ввести поправку в момент начала генерации управляющего импульса.

Эталонные несменные источники света

Балохонов Д.В., Колонтаева Т.В., Кузьмина О.А., Сернов С.П.
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время для проведения испытаний светотехнического оборудования используются прецизионные фотометрические измерительные системы, имеющие высокую стоимость и требующие высокой квалификации обслуживающего персонала. Вместе с тем при проведении сравнительных, исследовательских и приемо-сдаточных испытаний, достаточно использовать метод сравнения с эталоном. Поэтому актуальной задачей является разработка эталонных источников света (ЭНИС) со стабильными светотехническими и колориметрическими характеристиками.

Зависимости силы света от тока инжекции для НИС при фиксированных значениях температуры представлены на рисунке 1:

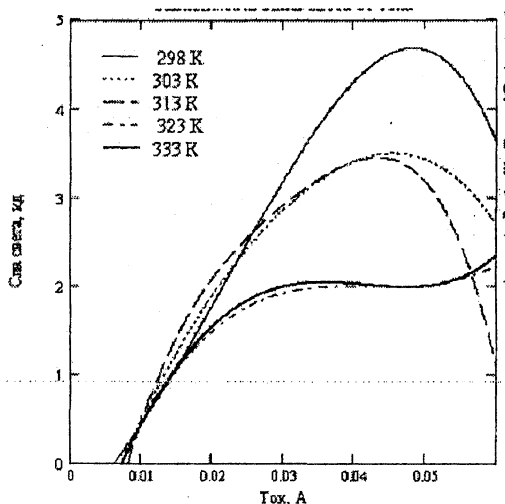


Рис. 1. Зависимость силы света от тока инжекции

Как видно из рисунка 1, на всех кривых наблюдается максимум, причем на кривых, полученных при температурах 323К и

333К он скрытый. Более того, в формуле (17), описывающей зависимость при 333К коэффициент при третьей степени тока инжекции равен нулю. При токах инжекции меньше максимального зависимость монотонно возрастает, а при превышении током инжекции некоторого максимального значения сила света резко уменьшается. Это связано увеличением температуры активной области и, как следствие, уменьшением числа излучательных переходов. При этом значение тока, соответствующее максимуму силы света, уменьшается с ростом температуры. Это связано со следующими явлениями. Как известно, при повышении температуры окружающей среды в любом полупроводнике уменьшается время жизни неосновных носителей заряда, что обозначает увеличение вероятности рекомбинации. Эта вероятность прямо пропорциональна сечению захвата и концентрации носителей заряда. При повышении температуры сечение захвата растет, так что требуются меньшие токи для обеспечения требуемой концентрации неравновесных носителей заряда.

Очевидно, что можно подобрать такой ток инжекции, чтобы обеспечить максимально возможную силу света при данной температуре. Однако ограничивающим фактором здесь являются колориметрические характеристики НИС. Цветовые координаты, определяемые длиной волны излучения, не могут превышать определенных значений. Однако с увеличением температуры и тока инжекции длина волны излучаемого света изменяется и максимум спектра смещается в красную область с ростом температуры. Поэтому при выборе режима работы НИС оптимальным значением тока инжекции будет такое значение, которое соответствует максимальной силе света при сохранении колориметрических характеристик.

Для обеспечения защиты НИС от проникновения пыли и влаги проводят заливку внутреннего объема корпуса НИС компаундом на основе эпоксидных смол. Однако такая заливка одновременно ухудшает теплопроводность, вызывает повышение температуры активной области светодиодов и уменьшение силы света НИС. Поэтому требуется подобрать такой заливочный компаунд и использовать такое его количество, чтобы не нарушить теплопроводность и одновременно обеспечить герметичность НИС. На рисунке 2 приведены графики зависимости длины волны от температуры.

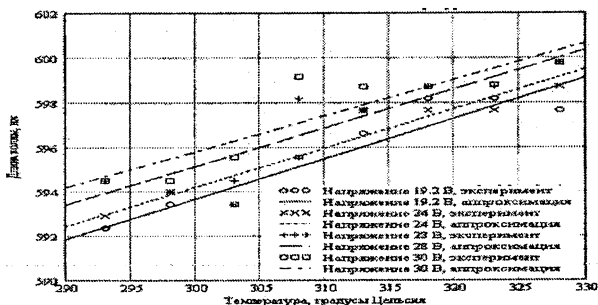


Рис. 2. Зависимость длины волны от температуры при меняющемся напряжении

Полученные при измерениях и отображенные на графике данные свидетельствуют о том, что длина волны света, излучаемого источником, растет при повышении температуры, причем, чем выше напряжение, приложенное к структуре, тем выше начальная длина волны и тем меньше наклон зависимости длины волны от температуры.

Результаты исследований, проведенных в ходе работы, были использованы при создании эталонного источника света, который соответствует всем требованиям ТУ ВУ 100354447.035-2005 “Модули несменного источника света”. Поскольку пространственное распределение значений силы света несменного источника зависит и от геометрии расположения светодиодов относительно осевого направления, исследовано влияние их взаимного углового расположения.

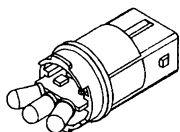


Рис.3. Несменный источник света

Полученные результаты использованы при их оптимизации в эталонном несменном источнике света рис.3 что обеспечивает максимальные значения в координатных точках пространственного распределения силы света бокового габаритного фонаря (с оригинальной вторичной оптикой) и по фотометрическим и колориметрическим характеристикам удовлетворяет требованиям нормативной документации.

Оптико-электронные и лазерные приборы и системы

Разработка спектрофотометра для видимой области

Якель Н.В., Фёдорцев Р.В.

Белорусский национальный технический университет

Существует большое число разнообразных схем построения спектрофотометров с пространственным разложением излучения в спектр, поэтому основные усилия разработчиков классических щелевых дифракционных спектральных приборов направлены на совершенствование конструкции, применение новых материалов, улучшение характеристик оптических систем, применение новых быстродействующих фотоприемников повышенной чувствительности в большем спектральном диапазоне, совершенствование параметров и характеристик механических узлов, элементов автоматики и электронных элементов. В последнее десятилетие значительно возросла роль ЭВМ в области автоматизации измерений. Применение ЭВМ повышает быстродействие прибора, значительно сокращает время обработки информации, дает возможность автоматизировать измерения [1]. Данная работа может служить примером разработки современной конструкции спектрофотометра, отвечающей перечисленным выше тенденциям и требованиям.

Рассматриваемый спектрофотометр Opto-Electronics мод. SF-05 дает возможность исследования как твердых сред, например, измерение коэффициентов пропускания бесцветных и цветных оптических стёкол и монокристаллов, так и жидких веществ, например концентрации и разности оптической плотности различных растворов.

Прибор предназначен для измерений в диапазоне длин волн 190-1100 нм со спектральным разрешением 0,1 нм, измерение спектрального коэффициента пропускания осуществляется от 1% до 100% с точностью 1%.

В основу конструкции спектрофотометра SF-05 заложен классический принцип разложения света посредством щелевой дифракции. Спектрофотометр построен по двухлучевой схеме с использованием зеркальных оптических элементов, состоящей из осветительной, спектральной (монокроматор Черни-Тернера) и фотометрической частей (рис. 1).

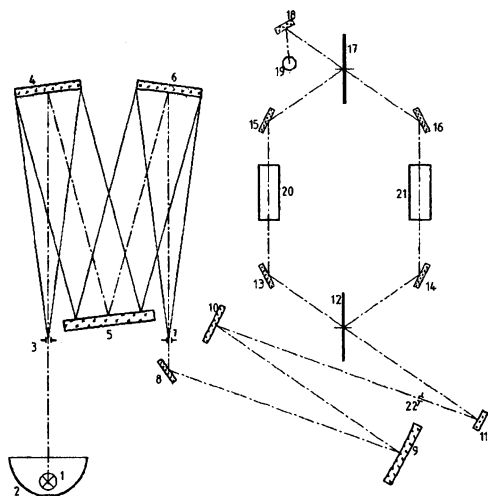


Рис. 1. Оптическая схема спектрофотометра:

1 – лампа; 2 – эллипсоидный отражатель; 3 – входная щель; 4 – коллиматорный объектив; 5 – дифракционная решетка; 6 – камерный объектив; 7 – выходная щель; 8 – плоское зеркало; 9 – зеркальный объектив; 10 – плоское зеркало; 11 – зеркальный объектив; 12, 17 – модуляторы; 13 – 16 – плоские зеркала; 18 – зеркальный объектив; 19 – фотоприемник; 20 – эталонный образец; 21 – исследуемый образец; 22 – полевая диафрагма

После преобразования оптической системой, состоящей из зеркальных объективов и плоских отклоняющих зеркал, пучок лучей, вышедший из монохроматора, посредством первого обтюратора попеременно направляется в канал с эталонным и исследуемым образцами. Второй обтюратор при помощи системы плоских зеркал и вогнутого сферического зеркала попеременно направляет на фотоприёмник световые потоки, идущие через рабочую и эталонную ветвь спектрофотометра.

Сигнал с фотодиода усиливается приемно-усилительным блоком и обрабатывается микропроцессорной системой. Полученная информация выводится на экран монитора персонального компьютера, который подключается к спектрофотометру через интерфейс RS-232C. Считывание фотометрической информации микропроцессорной системой происходит только во время остановки дифракционной решётки. Это позволяет избежать волнового сдвига, связанного с инерционностью механической и электронной частей прибора.

В качестве источника излучения применяется импульсная ксеноновая лампа L2448 компании Hamamatsu [2]. Применение импульсного источника позволяет обойтись без механического модулятора света. Энергетический расчет показал, что при использовании в качестве приемника излучения фотодиода S1336-BQ компании Hamamatsu [2], силы света лампы достаточно для использования ее в качестве единственного источника излучения на всем спектральном диапазоне работы прибора.

Особенностью прибора является использование шаговых двигателей в качестве приводов всех движущихся элементов кинематической схемы спектрофотометра. Применение двигателей данного типа предоставляет возможность широкого управления динамическими параметрами движущихся узлов, а наличие встроенных в двигатель оптопары и электронной схемы управления позволяет вести автоматический программный контроль точности позиционирования. Так, например, использование в узле поворота решетки двигателя в режиме деления шага дает возможность поворота дифракционной решетки на минимальный угол в $3,15''$, что позволяет задавать минимальный шаг сканирования спектра $\Delta\lambda = 0,023$ нм с точностью установки длины волны $\lambda = \pm 0,023$ нм.

Модульный принцип построения оптического прибора отвечает современным тенденциям развития приборостроения, обеспечивает удобство сборки и юстировки основных узлов спектрофотометра (осветитель, зеркальные объективы монохроматора, узел дифракционной решетки, узел источника и приёмника излучения, механизм перемещения кювет). Высокие требования к стабильности расположения оптических элементов друг относительно друга предопределили выбор способа их крепления - на монтажной плите. Все зеркальные объективы и плоские зеркала прибора смонтированы на кронштейнах, закреплённых на плите.

В конструкции кюветного отделения предусмотрен восьмипозиционный держатель кювет для жидких образцов и два держателя для твёрдых образцов: исследуемого и эталонного.

С целью повышения конкурентоспособности изделия на этапе эскизного проектирования была выполнена дизайнерская проработка внешнего вида оптического прибора (рис.2).

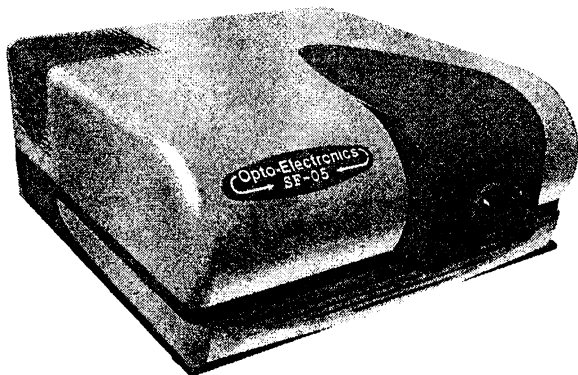


Рис. 2. Внешний вид спектрофотометра мод. Opto-Electronics SF-05

Спектрофотометр имеет асимметричное объёмно-пространственное решение. Основными формообразующими и функциональными элементами, определяющими конструктивно-компоновочную схему, являются узкое основание и обтекаемый корпус с радиусными округлениями в ребрах на лицевой панели. Композиционным центром спектрофотометра является кюветное отделение С-образной формы, плавно переходящее к корпусу прибора, и ручка регулятора работы. Это основной функциональный элемент посредством которого осуществляется контакт оператора со спектрофотометром.

Основные композиционные и функциональные элементы выделены синим цветом, по отношению к серебристому корпусу. Удлиненное плоское основание с синей окантовкой, коробчатая форма и щели решётки вентиляции, придают спектрофотометру композиционную целостность и визуальную устойчивость.

Литература

1. Оптические спектральные приборы: учеб. пособие для вузов. Скоков И.В. – М.: Машиностроение, 1984. – 240 с.
2. www.hamamatsu.com – официальный сайт компании «Hamamatsu».

Оптимизация конструктивных параметров телевизионной камеры, работающей в условиях естественной ночной освещённости

Гудков А.А., Ляшко О.М.

Белорусский национальный технический университет

Низкоуровневые телевизионные приборы предназначены для наблюдения объектов в условиях естественного ночного освещения. С появлением высокочувствительных ПЗС появилась возможность отказаться от дорогостоящих и ненадёжных ЭОП в конструкции таких приборов. Видение при предельно низких освещённостях требует оптимизации конструктивных параметров камеры. Критерием оптимизации является предельная дальность видения объекта определенных размеров при конкретных условиях наблюдения, заданном уровне видения и ночном режиме работы камеры. Последнее означает режим увеличения чувствительности матрицы путем объединения пикселей.

В соответствии с общепринятым подходом дальность информационного прибора может быть найдена путём решения одного из двух уравнений, каждое из которых соответствует определенному критерию видения.

При малых освещённостях объект виден при условии, что воспринимаемое глазом отношение сигнал/шум $SN(L)$ больше порогового SN_{por} :

$$SN(L) > SN_{por}. \quad (1)$$

По рекомендациям IRE (Institute of Radio Engineers) SN_{por} принимается равным 2,5.

С другой стороны, объект виден в том случае, если его контраст $KTR(L)$ превышает пороговое значение $K_{por}(L)$:

$$KTR(L) > K_{por}(L). \quad (2)$$

Ниже представлены выражения для контраста и отношения сигнал/шум в развернутом виде.

$$SN(L) = \frac{|no(L) - nf(L)|}{\sqrt{\sigma^2}} \cdot T(L) \cdot \frac{16}{\pi^2} \cdot \frac{1}{M(L)},$$

$$KTR(L) = \frac{|no(L) - nf(L)|}{2 \cdot nds + no(L) + nf(L)} \cdot T(L) \cdot \frac{16}{\pi^2},$$

где $no(L)$, $nf(L)$, nds – число сигнальных, фоновых и темновых электронов, отнесённое к одному пикселю; $T(L)$ – ЧКХ системы; $M(L)$ – функция, описывающая пространственную интегрирующую способность зрительного анализатора (интегрирование происходит, если размер изображения объекта на мониторе меньше 11.6 мрад).

Величина σ^2 – дисперсия числа электронов, генерируемых одним пикселем, является суммой дисперсий дробового шума матрицы и шума считывания. Дисперсия дробового шума равна среднему значению чисел электронов, создаваемых излучением объекта и фона. Анализ паспортных данных ПЗС-матрицы позволил оценить дисперсию шума считывания.

Нами рассчитана предельная дальность обнаружения объекта размером 0,6 м с помощью телевизионной камеры на ПЗС-матрице ICX-249AL. Предельная дальность определялась, как меньший результат из решений уравнений (1) и (2).

На рис. 1 представлены результаты вычислений отношения сигнал/шум и контраста изображения при различных уровнях естественной ночной освещенности (ЕНО).

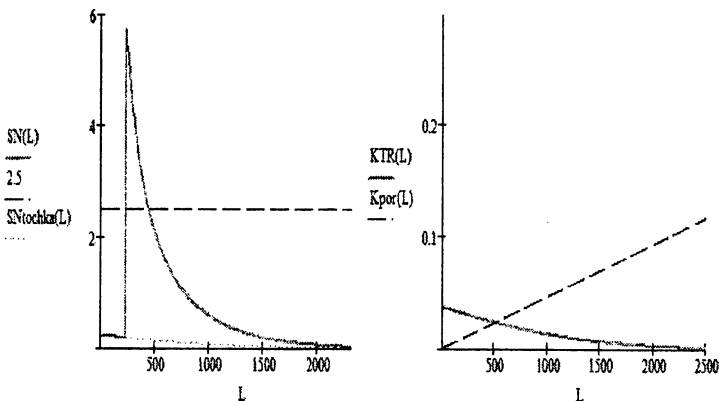


Рис. 1

Установлено, что при освещенностях порядка 1 лк и менее воспринимаемое отношение сигнал/шум превышает пороговое значение в некотором интервале дальностей объекта благодаря интегрированию шумов глазом. Предельная дальность видения ограничена контрастом, поскольку пороговый контраст зрительного анализатора при наблюдении изображения малой яркости на экране монитора в условиях ЕНО заметно возрастает. Поэтому предлагается при наблюдении в условиях малой освещенности увеличить яркость экрана (тем самым снизить пороговый контраст), вводя дополнительный усилитель видеосигнала. Тогда предельная дальность видения будет ограничена шумами приемника и возрастет.

В дальнейшем предполагалось, что такой усилитель входит в состав прибора, и при расчетах дальности при малых освещенностях коэффициент усиления варьировался в диапазоне от 1 до 8.

Расчет дальности при различном относительном отверстии объектива показал, что возрастание фокусного расстояния объектива увеличивает предельную дальность за счет увеличения размеров изображения и оправдано при освещенностях, больших 0,05 лк. Короткофокусные объективы обеспечивают большие дальности при освещенностях менее 0,05 лк.

С другой стороны, использование короткофокусного объектива ограничивает область рабочих освещенностей сверху. Чтобы обеспечить работу камеры при высоких освещенностях следует использовать апертурную диафрагму, ослабители либо уменьшать время накопления.

При диаметре 88 мм оптимальным является объектив с фокусным расстоянием 105,6 мм, что соответствует относительному отверстию 1:1,2 и полю зрения 4,4°.

Установлено, что ухудшение разрешения объектива (увеличение диаметра кружка рассеяния) вызывает заметное снижение дальности при высоких освещенностях (рис. 2). При малых освещенностях влияние качества объектива не столь существенно, поскольку диапазон видения сужается, и размер изображения объекта превышает диаметр кружка рассеяния. Значительное увеличение диаметра кружка рассеяния приводит к увеличению пороговой освещенности. При освещенностях до

$2 \cdot 10^{-3}$ лк оптимальным является объектив с диаметром кружка рассеяния, превышающим размер пикселя a не более, чем в 8 раз, что составляет 66 мкм или 8 штрихов на миллиметр.

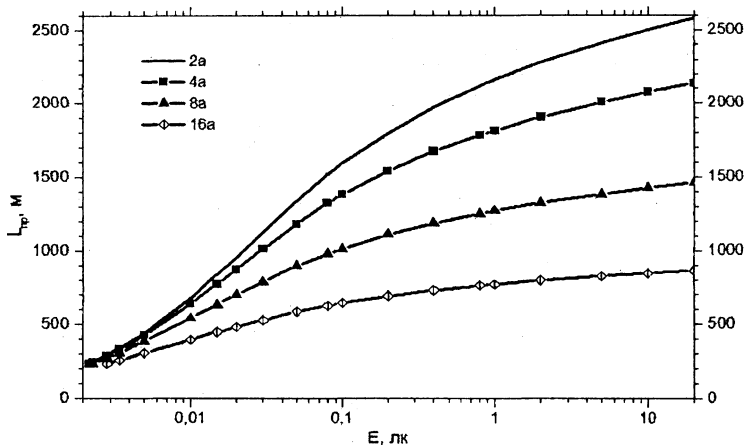


Рис. 2

Объединение пикселей, т.е. суммирование сигналов соседних пикселей, увеличивает уровень сигнала, отношение сигнал/шум в точке, но снижает разрешение и выигрыш за счет интегрирования шумов глазом. Оптимальным является объединение 16 элементов. Объединение пикселей оправдано при освещенностях ниже некоторого значения, при котором дальность видения в обычном и ночном режимах одинакова.

Суммирование сигналов соседних пикселей уменьшает предельную освещенность. Но при большом числе слагаемых заметного снижения предельной освещенности не происходит. Поэтому рекомендуется объединять не более 36 пикселей.

В результате расчетов дальности видения оптимизированы относительное отверстие и разрешающая способность объектива, число объединяемых пикселей ПЗС-матрицы. Камера с оптимизированными параметрами позволит обнаружить объект на расстоянии порядка 1000 м при освещенности от 0.01 лк.

Автомобилестроение

УДК 639.115.8

Совершенствование автоматизированной системы управления криволинейным движением гусеничной машины

Бекетов А.А.

Белорусский национальный технический университет

Развитие гусеничных машин (ГМ) идет по пути автоматизации рабочих процессов. Это объясняется стремлением снизить профессиональные требования к водителю, повысить надежность и эффективность ГМ, а также безопасность движения. Автоматизации в настоящее время подвергаются системы управления трансмиссией и двигателем, системы поддрессоривания, тормозные системы, системы автоматического регулирования натяжения гусеницы. Опыт эксплуатации ГМ свидетельствует о том, что чем выше профессионализм водителя, тем более высокое значение средней скорости он обеспечивает в условиях возникновения прямых ограничений скорости. Средняя скорость ГМ, управляемой водителем наивысшей квалификации при наличии существенных прямых ограничений скорости, превышает обычно на 20-25% среднюю скорость машины, управляемой водителем с обычной квалификацией.

С ростом удельной мощности ГМ средняя скорость движения на криволинейных участках пути ограничивается, в основном, управляемостью машины. Даже водитель-профессионал не всегда способен на высокой скорости выполнения маневра сопоставить три фактора, определяющие возможность его выполнения и управляющее воздействие: состояние опорной поверхности, кривизну траектории, скорость движения. В результате для гарантированного прохождения участка криволинейной траектории водитель вынужден снижать скорость, тем самым искусственно ограничивая потенциально высокую подвижность ГМ. Существенно повысить среднюю скорость на местности, «разгрузить» водителя и сосредоточить его внимание на дорожной обстановке позволяют автоматизированные системы управ-

ления движением (АСУД), предотвращающие занос машины. Наиболее актуально применение АСУД для машин с бесступенчатыми механизмами поворота и, в частности, с гидрообъемными механизмами поворота (ГОМП). Отсутствие фиксированных радиусов поворота, существенная зависимость радиуса поворота при неизменном положении штурвала от условий и скорости движения снижает управляемость ГМ на высоких скоростях.

Разработка АСУД ГМ практически невозможна без теоретических исследований комплекса «система управления - машина - внешняя среда» с использованием математического моделирования рабочих процессов на ЭВМ. В этой связи совершенствование АСУД ГМ на основе имитационного математического моделирования, направленного на повышение эффективности проектирования системы и отработку алгоритмов управления ГМ, представляется актуальной задачей.

Целью исследования является повышение подвижности ГМ с ГОМП за счет совершенствования автоматизированной системы управления криволинейным движением.

В результате теоретических исследований и анализа экспериментальных данных разработаны общие принципы построения автоматизированной системы управления криволинейным движением ГМ, оснащенной ГОМП, позволяющей повысить подвижность машины за счет предотвращения заноса.

Использование комплекса программ для ЭВМ позволяет имитировать динамику криволинейного движения ГМ по местности с встроенной системой управления движением, и, тем самым, сократить сроки проектирования и доводочных испытаний АСУД ГМ.

Анализ состояния АСУД, теории криволинейного движения гусеничных машин и современных научных подходов к решению задач по данной тематике, а также выделенный ряд новых вопросов, которые должны рассматриваться при совершенствовании систем управления движением ГМ, позволили обосновать задачи для достижения решения вопросов математического моделирования динамики ГМ с системой автоматизированного управления криволинейным движением.

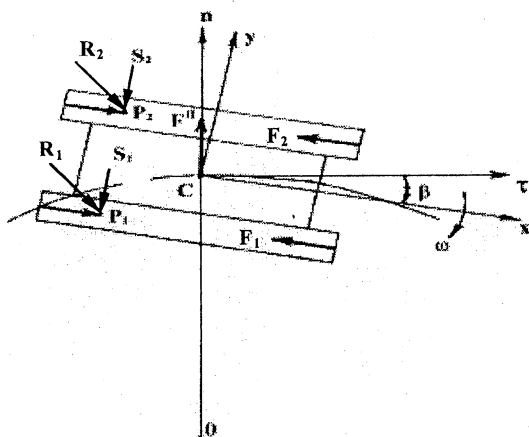


Рисунок 1. Силы, действующие на гусеничную машину при криволинейном движении

Движение гусеничной машины как механической системы имеет следующие особенности (рисунок 1):

- силы, вызывающие ее движение (за исключением силы тяжести), являются силами реакций и создаются самой машиной;
- силы тяги P_1 и P_2 , а также силы сопротивления повороту S_1 и S_2 являются составляющими сил реакции грунта R_1 и R_2 ;
- движение гусеничной машины без «буксования» гусениц невозможно;

- гусеничная машина при движении по плоскости, как механическая система, обладает тремя степенями свободы, а при движении по заданной траектории - двумя;

- при криволинейном движении центр масс гусеничной машины будет двигаться по касательной к траектории движения, а продольная ось будет поворачиваться вокруг центра масс на дополнительный угол β относительно касательной к траектории движения.

Поэтому, полагая, что ГМ движется по горизонтальной плоскости, для анализа управляемости гусеничной машины траекторию движения центра масс задавалась в виде

$$k = k(s),$$

где k - кривизна траектории движения центра масс гусеничной машины; s - координата движения центра масс гусеничной машины, отсчитываемая вдоль траектории движения.

При заданной траектории движения положение гусеничной машины на плоскости определяется двумя координатами: положением центра масс на траектории движения (координата s) и углом поворота продольной оси гусеничной машины относительно ее центра масс (координата φ).

$$\dot{\varphi} = k(s) \cdot \dot{s} + \dot{\beta}. \quad (1)$$

Для подтверждения граничного условия управляемого криволинейного движения гусеничной машины необходимо провести детальный сравнительный анализ модели криволинейного движения гусеничной машины для различных внешних условий и режимов движения машины.

Система автоматизированного управления криволинейным движением должна предотвращать наступление граничных условий. Известно, что движение гусеничной машины управляемо до тех пор, пока момент сопротивления повороту не равен нулю, поскольку при равенстве его нулю любое внешнее возмущение приведет к неуправляемому движению машины. Также установлено, что если угол между продольной осью машины и касательной к траектории движения β не превышает $10-15^\circ$, то движение ГМ управляемое. В этой связи предлагается в качестве параметра управления АСУД использовать этот угол.

При управлении криволинейным движением автоматизированная система должна поддерживать угол между продольной осью машины и касательной к траектории (вектором абсолютной скорости) в заданных пределах. Фактически АСУД будет работать как система динамической стабилизации (СДС) криволинейного движения машины.

Предлагаю алгоритм работы АСУД, основанный на поддержании угла между продольной осью машины и касательной к траектории (вектором абсолютной скорости) в заданных пределах. При этом АСУД фактически будет работать как система динамической стабилизации криволинейного движения машины. Стабилизация обеспечивается изменением подачи топлива и объема регулируемой гидромашины ГОП.

**Исследование нагруженности трансмиссии
магистрального автопоезда МАЗ–6430**

Гуринович А.Г.

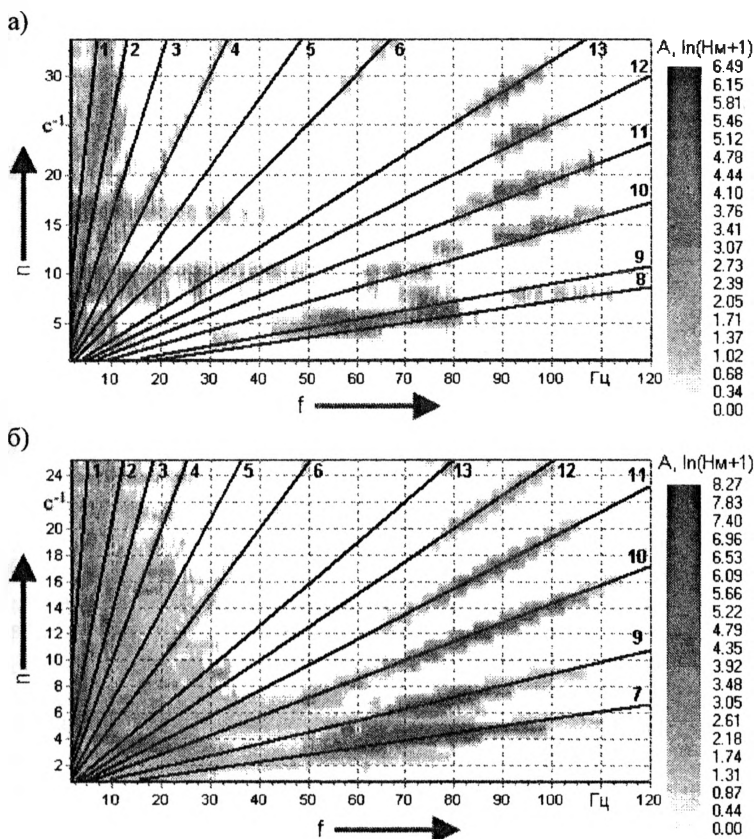
Белорусский национальный технический университет

Исследование нагрузочных режимов узлов и агрегатов трансмиссий в реальных условиях эксплуатации являются важным этапом в комплексе работ по совершенствованию конструкции и повышению характеристик надежности автомобилей.

В данной работе представлены основные результаты исследований нагрузочных режимов трансмиссии магистрального автопоезда МАЗ–6430 с использованием многоканальной измерительной системы «М3 INTEGRA 1» фирмы B+S Multidata. Данная система позволяет записывать процессы нагружения в реальном времени в цифровом формате непосредственно на встроенный винчестер системы.

При исследованиях нагрузочных режимов трансмиссии регистрировались: крутящие моменты на карданных валах привода среднего и заднего мостов, крутящие моменты на правых полуосях ведущих мостов, частота вращения карданного вала и частота вращения генератора. Частота вращения генератора, которая прямопропорциональна частоте вращения коленчатого вала двигателя, измерялась для обеспечения возможности определения включенной передачи в коробке передач в любой момент времени при движении автопоезда. Номер включенной передачи оценивался по отношению частоты вращения коленчатого вала двигателя к частоте вращения карданного вала.

В процессе исследований нагруженности трансмиссии автопоезда был получен обширный материал, как по квазистатической, так и по динамической составляющим нагрузочного режима. Квазистатическая составляющая полностью описывается с помощью гистограмм распределений крутящих моментов по пробегу. Для оценки динамической составляющей строились трехмерные функции с осями: частота колебаний крутящего момента – частота вращения карданного вала – амплитуда колебаний крутящего момента. Данные функции, рассчитанные методом быстрого преобразования Фурье с использованием весовых коэффициентов Хартли, представлены на рис. 1.



а – колебательные процессы при движении по автомагистрали Москва – Брест; б – колебательные процессы при движении по Второму кольцу г. Минска; А – амплитуда колебаний, $\ln(H_m+1)$; n – частота вращения карданного вала, c^{-1} ; f – частота колебаний, Гц; 1, 2 – частота вращения колес, соответственно 1 и 2 гармоники; 3, 5 – частота вращения полуосей, соответственно 1 и 2 гармоники; 4, 6 – частота вращения карданного вала, соответственно 1 и 2 гармоники; 7...13 – частоты газодинамических процессов в двигателе соответственно на 3...9 передачах, 1 гармоника

Рис. 1. Логарифмические амплитудные спектры колебаний крутящего момента на карданном валу привода среднего моста

На рис. 1 черными линиями нанесены функции частот колебаний соответствующих возмущающих сил. Из присутствующих в амплитудном спектре колебаний крутящего момента можно выделить следующие колебательные процессы, пропорциональные частоте вращения карданного вала, которые обусловлены:

1) частотой вращения колес ведущего моста автомобиля (в спектре присутствует 1 и 2 гармоники). Возможной причиной возникновения данных колебаний является дисбаланс колес в сборе со ступицами и тормозными барабанами.

2) частотой вращения полуосей ведущего моста (в спектре присутствует 1 и 2 гармоники). Возможной причиной возникновения данных колебаний является дисбаланс полуосей.

3) частотой вращения карданного вала (в спектре присутствует 1 и 2 гармоники). Возможной причиной возникновения данных колебаний являются дисбаланс и неравномерность вращения трубы карданного вала относительно фланцев (обусловлена кинематикой работы карданных шарниров с крестовинами при некотором угле излома).

5) частотой газодинамических процессов в двигателе на 3...9 передачах. Возможной причиной возникновения данных колебаний в трансмиссии являются неравномерность рабочего цикла двигателя внутреннего сгорания и недостаточная эффективность демпфера крутильных колебаний сцепления.

Значения амплитуд перечисленных выше колебательных процессов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Средние значения амплитуд колебаний крутящего момента на карданном валу привода среднего моста, Н·м

Источник возмущения колебательных процессов	Гармоника	Движение по автомагистрали	Движение по г. Минску
Дисбаланс колес в сборе со ступицами и тормозными барабанами	1	48,5	191,2
	2	20,7	82,3
Дисбаланс полуосей	1	11,4	62,8
	2	2,5	13,0
Дисбаланс и неравномерность вращения трубы карданного вала относительно фланцев	1	32,3	68,5
	2	1,2	18,3

Продолжение табл. 1

Источник возмущения колебательных процессов	Гармоника	Движение по автомагистрали	Движение по г. Минску	
Неравномерность рабочего цикла двигателя внутреннего сгорания на передачах:	3 передача	1	—	82,3
	4 передача	1	12,6	—
	5 передача	1	48,2	91,6
	6 передача	1	46,4	187,2
	7 передача	1	34,3	37,7
	8 передача	1	18,3	5,7
	9 передача	1	38,8	7,8

Таким образом, при движении автопоезда в городских условиях интенсивность колебательных процессов в трансмиссии возрастает в несколько раз по сравнению с условиями автомагистрали. Это объясняется высокой интенсивностью городского движения, помехонасыщенностью маршрута, в результате чего в трансмиссии преобладают переходные процессы (интенсивные разгоны, чередующиеся с торможениями).

Высокая частота интенсивных разгонов при движении автопоезда в городских условиях вызывает резкое увеличение числа переключений передач на километр пробега. Это, в свою очередь, обуславливает присутствие в спектре колебаний, вызванных неравномерностью рабочего цикла двигателя внутреннего сгорания, значительной амплитуды.

Как показали результаты исследований, амплитуды колебаний крутящих моментов второй гармоники от возмущающей силы в несколько раз ниже амплитуд колебаний первой гармоники от той же возмущающей силы.

Для оценки максимально возможных эксплуатационных динамических нагрузок в трансмиссии автопоезда выполнялись «броски сцепления» (резкое включение сцепления). В результате чего было установлено, что максимальные крутящие моменты составляют 23,9 кН·м на карданном валу привода среднего моста и 11,3 кН·м на карданном валу привода заднего моста.

Полученный обширный материал по нагруженности трансмиссии магистрального автопоезда МАЗ-6430 в реальных условиях эксплуатации может быть успешно использован для расчетов деталей трансмиссии на долговечность, а также для разработки конструктивных решений по снижению динамической нагруженности трансмиссии.

Двигателестроение

УДК 621.43

Моделирование течения во впускном канале ДВС

Предко А.В.

Белорусский национальный технический университет

Дизельные двигатели являются основным источником энергии для мобильных машин и на транспорте. Эффективность работы двигателей внутреннего сгорания в значительной степени зависит от совершенства процессов, протекающих в проточных частях, прежде всего от конструкции впускных и выпускных каналов.

Потери в каналах складываются из потерь, обусловленных отрывными явлениями и трением, и потерь с выходной скоростью. Сложность процессов, происходящих в каналах газообмена, затрудняет экспериментальные исследования. Поэтому для определения аэродинамических характеристик каналов неустановившийся процесс заменяется рядом стационарных процессов, охватывающих все режимы течения в канале. Исследования на стендах статической продувки не дают полную картину распределения потерь в канале. Поэтому встает вопрос о сочетании экспериментальных и теоретических методов для эффективного изучения процессов протекающих во впускных и выпускных системах двигателей.

Движение и теплообмен в текучей среде описывается системой уравнений Навье – Стокса, объединяющей в нестационарной постановке законы сохранения массы, импульса и энергии среды:

$$\begin{cases} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_k) = 0, \\ \frac{\partial (\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} (\rho u_i u_k - \tau_{ik}) + \frac{\partial P}{\partial x_i} = S_i, \\ \frac{\partial (\rho E)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k} ((\rho E + P)u_k + q_k - \tau_{ik}u_i) = S_k u_k + Q_n. \end{cases}$$

где t – время, u – скорость текучей среды, ρ – плотность текучей среды, P – давление, Si – внешние массовые силы, E – полная энергия единичной массы текучей среды, Q_n – тепло, выделяемое тепловым источником в единичном объеме текучей среды, τ_{ik} – тензор вязких сдвиговых напряжений, q_i – диффузионный тепловой поток, нижние индексы означают суммирование по трем координатам направления.

Используя данную систему можно моделировать как турбулентные, так и ламинарные течения. При моделировании турбулентного течения необходимо учитывать пульсационные составляющие скорости, которые перемешивают параметры переноса потока, что приводит к пульсации самих параметров переноса. В этом случае уравнения движения усредняют по времени, по пространству или используют другие способы исключения локальных мелкомасштабных пульсаций, получая измененные уравнения движения, которые более приемлемы для расчетов. Наиболее популярен метод осреднения по Рейнольдсу, где используется осредненное по малому масштабу времени влияние турбулентности на параметры потока, а крупномасштабные временные изменения осредненных по малому масштабу времени составляющих газодинамических параметров потока учитываются введением соответствующих производных по времени. В результате уравнения имеют дополнительные члены – напряжения по Рейнольдсу

$$\tau_{ij} = \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{3}{2} \frac{\partial u_l}{\partial x_l} \delta_{ij} \right) - \frac{3}{2} \rho k \delta_{ij},$$

$$\mu = \mu_l + \mu_t \mu_l,$$

где μ – коэффициент динамической вязкости, μ_t – коэффициент турбулентной вязкости, δ_{ij} – дельта функция Кронекера, k – кинетическая энергия турбулентности.

Для замыкания этой системы уравнений используют уравнения переноса кинетической энергии турбулентности и ее диссипации в рамках k - ϵ модели турбулентности:

$$\mu_t = f_\mu \frac{C_\mu \rho k^2}{\epsilon}, \quad f_\mu = \left[1 - e^{-0,025 R_y} \right]^2 \cdot \left(1 + \frac{20,5}{R_T} \right),$$

$$R_y = \frac{\rho \sqrt{k} y}{\mu_l}, \quad R_T = \frac{\rho k^2}{\mu_l \varepsilon}.$$

Кроме того, в системе необходимо использовать уравнения состояния текучей среды, эмпирические зависимости вязкости и теплопроводности от температуры.

Используя вышеописанную систему уравнений, смоделируем статическую задачу истечения газа в системе впускной канал – клапанная щель – цилиндр, имитирующую натурный эксперимент на продувочном стенде. С целью упрощения задачи пренебрегаем теплообменом между текучей средой и стенками, ограничивающими внутреннее пространство. Решение системы уравнений ведется методом конечных элементов.

Для получения численных решений задаемся краевыми условиями, соответствующими условиям статической продувки.

Граничные условия на входном сечении канала задавались как статическое давление P_0 и температура газа T_0 . В выходном сечении задавались объемным расходом газа V_c .

Геометрическими границами течения является внутреннее пространство трехмерной твердотельной, состоящей из проточной части профилируемого впускного винтового канала, клапана и седла, части гильзы цилиндров, нижний срез, которой соответствует положению поршня в нижней мертвой точке. Твердотельная модель является параметрической, т.е. допускает изменение своих геометрических характеристик (профиль канала, диаметр и высота подъема клапана и др.) путем изменения таблицы параметров.

Теплообменом между газом и стенками пренебрегаем, поэтому в качестве параметров поверхности задаемся только шероховатостью стенок Rz .

В качестве текучей среды принимаем воздух.

Целевыми функциями приняты параметры состояния газа в выходном сечении.

В результате проведения расчетов получаем массивы значений функций состояния газа в центре каждого расчетного элемента.

Результаты моделирования могут быть представлены различными способами, позволяющими как визуально, так и численно анализировать процессы, проходящие в проточной части:

картины распределения параметров поля течения и температуры в сечениях и на поверхностях модели, отображение линий тока; определение значений параметров в точке, интегральных и локальных (минимальное, максимальное, среднее) значений параметров на поверхности и в объеме. Таблицы рассчитанных значений выводятся в файл Microsoft Excel. На рисунках 1, 2 показаны результаты расчета течения воздуха при высоте подъема клапана $h=5\text{ мм}$ и расходе воздуха $V_c=0,02\text{ м}^3/\text{с}$.

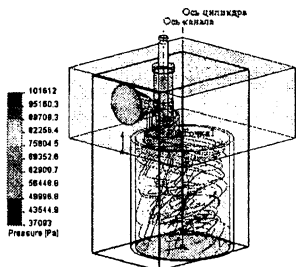


Рисунок 1. Визуализация траекторий струй

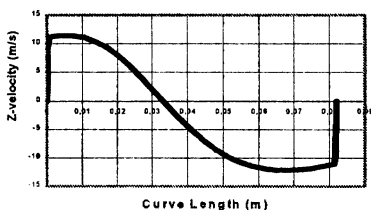


Рисунок 2. Изменение тангенциальной скорости по радиусу цилиндра

Результаты расчетов позволяют определять как интегральные показатели всей системы канал – клапанная щель – цилиндр, характеризующие аэродинамические свойства системы в целом, аналогичные, определяемым при натурных экспериментах, так и анализировать течения в отдельных элементах, с целью определения влияния их конструкции на характеристики потока в элементе и системы в целом.

Литература

1. Вихерт, М. М., Грудский, Ю. Г. Конструирование впускных систем быстроходных дизелей. – М.: Машиностроение, 1982. – 151 с.
2. Драганов, Б. Х., Круглов, М. Г., Обухова, В. С. Конструирование впускных и выпускных каналов двигателей внутреннего сгорания. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1987. – 175 с.
3. Алямовский, А. А. и др. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.

Влияние законов подачи топлива на показатели рабочего процесса дизеля

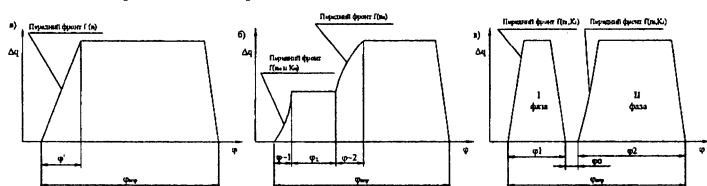
Петрученко А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Перспективы социально-хозяйственного развития страны предусматривают дальнейшее расширение ее транспортно-энергетической базы. В этих условиях двигателестроение является основой реализации новых программ, цель которых – выпуск продукции, соответствующей мировому уровню.

Для достижения значительного улучшения показателей работы дизеля, отвечающих современным требованиям необходима рациональная организация процесса топливоподачи, призванная обеспечить своевременность качественной и количественной подачи топлива в камеру сгорания, что дает возможность быстро и монотонно сжигать топливо в камере сгорания.

Топливные системы, используемые в современных дизельных двигателях, позволяют получать различные законы топливоподачи – зависимости подачи топлива в функции времени или угла поворота коленчатого вала (ПКВ). На рисунке 1 представлена дифференциальная характеристика топливоподачи Δq – зависимость, отражающая изменение скорости подачи топлива в протекании процесса впрыска.



а – ступенчатый; б – трапециевидный; в – двухфазный впрыск

Рисунок 1. Дифференциальные характеристики законов
топливоподачи

Формально законы топливоподачи различных топливных систем можно разделить на три группы. К первой группе можно отнести законы топливоподачи, дифференциальная характеристика которых при определенных допущениях, не имеющих при

проведении сравнительного анализа между группами принципиального значения, аппроксимируется трапецией, боковые стороны, которой могут быть описаны уравнением вида:

$$y = K \times \varphi^n, \quad (1)$$

где: φ – текущее значение угла поворота коленчатого (или кулачкового вала;

K – коэффициент, задающий расходные характеристики распылителя при движении иглы;

n – показатель степени, определяет скорость истечения топлива в период движения иглы распылителя.

Кроме форм переднего и заднего фронтов и длительностей их фаз, важной характеристикой является продолжительность впрыска топлива $\varphi_{\text{впр}}$. Такой закон топливоподачи характерен для топливоподающих систем, укомплектованных рядными топливными насосами или распределительного типа с однопружинными форсунками.

Ко второй группе можно отнести законы топливоподачи, имеющие уступы на дифференциальной характеристике, такой закон топливоподачи аппроксимируется двухступенчатой трапецией. Такие характеристики впрыскивания топлива могут быть получены путем модернизации топливных систем, описанных выше, посредством: замены однопружинной форсунки двухпружинной; применения специального кулачка; подключения в начальной фазе периода топливоподачи дополнительного объема, разгружающего линию нагнетания. Дифференциальная характеристика этого закона определяется следующими факторами: продолжительностью протекания процесса $\varphi_{\text{впр}}$, продолжительностями периодов подъема иглы распылителя до первого и второго квазистатических положений φ_{-1} и φ_{-2} , формой переднего фронта дифференциальной характеристики закона топливоподачи в периоды подъема иглы распылителя, определяемых в нашем случае показателями степени в уравнении (1) соответственно n_1 и n_2 , продолжительностью первого квазистатического положения иглы распылителя φ_x и относительным количеством топлива, поступившим в цилиндр дизеля в начальной фазе развития процесса топливоподачи – коэффициент K . Величина коэффициента K определяется высотой подъема иглы рас-

пылителя до первого ее квазистатического положения.

Третья группа законов топливоподачи, характеризуется многократным отпиранием и запираанием иглы распылителя за время одного цикла. Дифференциальная характеристика аппроксимируется серией трапеций. Такие характеристики свойственны топливным системам аккумуляторного типа, имеющим электронное управление движением иглы форсунки, а также топливным системам, укомплектованным насос-форсунками с управляемым движением плунжера, мультипликативным системам. Кроме того, при задании соответствующего алгоритма, топливоподающие системы с электронным управлением могут подавать топливо по законам, отнесенным к первой и второй группам. Основными параметрами, характеризующими этот закон топливоподачи, являются продолжительности первой и второй фаз топливоподачи (φ_1 и φ_2) и перерыва в подаче топлива (φ_0), параметр K – величина, пропорциональная количеству топлива поданного в цилиндр за первую фазу. К дополнительным факторам, определяющим двухфазный впрыск топлива, относятся параметры, задающие расходные характеристики распылителя в период движения иглы.

Исследования влияния характеристик топливоподачи на показатели рабочего цикла дизеля проводились на математической модели, учитывающей особенности впрыскивания топлива.

Сравнительный анализ влияния характеристик топливоподачи на показатели рабочего цикла дизеля осуществлялся по параметрам, характеризующим термическую и механическую нагрузку деталей КШМ, а также токсичность отработавших газов при неизменных показателях мощности и экономичности. Для получения достоверных результатов анализа влияния характеристик топливоподачи были приняты и оставались неизменными при проведении расчетных исследований следующие параметры: продолжительность подачи топлива (25 град ПКВ); коэффициент избытка воздуха (1,7); коэффициент наполнения (0,85); параметры на впуске: температура (20°C) и давление окружающей среды (0,1 МПа); частота вращения коленчатого вала (2200 мин⁻¹). Достижение постоянных значений среднего индикаторного давления и индикаторного расхода топлива предполагается обеспечить посредством изменения угла начала впрыскивания топлива.

Минимальное значение удельного индикаторного расхода топлива и максимальная величина среднего индикаторного давления при моделировании процесса сгорания при подаче топлива по ступенчатому и трапециевидному законам и неизменной продолжительности его впрыскивания достигалось при подаче топлива в цилиндр за 16 град ПКВ до прихода поршня в ВМТ. В случае моделирования процесса сгорания при двухфазном впрыскивании топлива мощностные и экономические показатели цикла принятые за определяющие достигаются при подаче топлива за 10 град ПКВ до прихода поршня в ВМТ.

Поздняя подача топлива способствует уменьшению периода задержки воспламенения на 1 град ПКВ, что ведет к снижению максимальной скорости выгорания топлива. Более высокие значения этого параметра соответствуют трапециевидному закону топливоподачи. Впрыск топлива по трапециевидному закону дает возможность подать наибольшее количество топлива за период задержки воспламенения и, как следствие, испарить значительную его часть. Количество образовавшихся паров топлива определяет скорость сгорания. Максимальная скорость сгорания w_{\max} при трапециевидном законе равна 0,0367 л/град.

Количество топлива, подаваемого в цилиндр двигателя при ступенчатой подаче и двухфазном впрыске примерно одинаково. Величины максимальных скоростей сгорания топлива в начальной стадии соответственно равны $w_{\max} = 0,032$ л/град и $w_{\max} = 0,03$ л/град.

При недожоге топлива в 3% продолжительность выгорания топлива составляет для ступенчатого, трапециевидного и двухфазного законов топливоподачи соответственно 82 град ПКВ, 78 град ПКВ, 67 град ПКВ.

Как показывают приведенные результаты расчетных исследований, наиболее динамически нагружен дизель, с впрыскиванием топлива по трапециевидному закону. Ступенчатое впрыскивание топлива позволяет уменьшить максимальное давление цикла на 3%. При применении двухфазного впрыскивания топлива, относительное снижение максимального давления составляет 11%.

Гидропневмоавтоматика

УДК 631.312.44"313"

Перспективы развития сельскохозяйственных (с/х) агрегатов для пахоты

Маковский М. А.
ИМИНМАШ, г. Минск

Темпы роста сельскохозяйственных (с/х) Республики Беларусь требует повышение производительности труда. Одним из направлений повышения производительности труда в с/х является создание новых высокопроизводительных с/х агрегатов и применение как новых перспективных методов обработки почв так и хорошо себя зарекомендовавших. Одним из таких методов является вспашка, которая необходима для борьбы с вредителями и заделки растительных остатков. Многие ведущие специалисты считают, что, несмотря на многообразие гербицидов на рынке, самый эффективный способ борьбы с сорняками – глубокая отвальная вспашка.

При выборе плуга необходимо учитывать скорость и качество пусконаладочных работ, быстроту обслуживания, учесть возможность поставки запасных частей по приемлемым ценам в будущем, также необходимо учитывать, какие плуги будут успешно работать в том или ином регионе, с какими тракторами они будут агрегатироваться. В зависимости от специфики полей и планируемых затрат на приобретение техники важно правильно выбрать тип плуга: оборотный или простой. По имеющимся данным, в объеме выпуска зарубежных производителей оборотные плуги занимают 90%, простые (загонные) – менее 10%. В странах СНГ пропорция обратная, производство оборотных плугов более затратное и требует высокоточных технологий, которые пока не применяются ни в России, ни в Беларуси. Тип плуга отражается на скорости вспашки и эффективности капиталовложений.

Уменьшить нагрузку на гидронавесную систему трактора и увеличить скорость обработки почвы, особенно на полях с пересяченным рельефом, можно применяя полунавесные плуги. По-

лунавесные плуги позволяют более точно контролировать глубину вспашки, ориентируясь на опорное колесо.

Полунавесной плуг эффективнее использовать на больших полях. В этом случае, поскольку вертикальная нагрузка на трактор незначительна, продлевается срок службы агрегата. Навесной плуг подходит для вспашки полей длиной до 100 м поскольку время разворота у него гораздо меньше, чем у полунавесного. Еще одно преимущество полунавесных плугов в том, что вес плуга равномерно распределяется между опорными колесами плуга и навеской трактора. Это позволяет лучше использовать мощность трактора.

Появление тракторов мощностью 250-300 л.с. расширило конструктивные возможности создания с/х агрегатов. Поэтому создание новых с/х машин, обеспечивающих наибольший эффект таких тракторов, является одним из перспективных направлений развития с/х техники. Тяговые и мощностные характеристики энергосредства определяют количество корпусов и ширину захвата плуга. Чем больше вес трактора, тем сильнее тяговое усилие и тем большее количество корпусов может быть в плуге.

Чтобы рассчитать оптимальное количество корпусов плуга для российского или белорусского трактора, нужно учесть, что на легких почвах для передвижения каждого корпуса потребуется 25 л. с. мощности энергосредства, на средних и тяжелых почвах – 30 л. с.

При использовании импортных тракторов можно исходить из соотношения 20 л. с. на корпус для легких почв и 25 л. с. на корпус для средних и тяжелых почв. Плуги, которые обладают составной рамой, проще в эксплуатации: если во время работы окажется, что мощности трактора не хватает, то несколько корпусов плуга можно «отключить».

Работы, ведущиеся по созданию новых тракторных плугов, идут в 2 направлениях: 1. Увеличение количества корпусов плуга; 2. Создание оборотных плугов.

Преимущества оборотных плугов для гладкой вспашки заключаются в следующем:

-лучшее качество обработки поверхности из-за отсутствия свальных гребней и развальных борозд,

-большая производительность за счет снижения времени на непроизводственные операции,

-меньший удельный расход топлива.

Важно отметить, что применение гидравлической системы защиты плуга увеличивает срок службы с/х агрегата. В связи с этим разработка и обоснование параметров плуга и его гидропривода представляется весьма актуальной задачей.

Разработка гаммы плугов для тракторов “Беларус” планируется в рамках задания по созданию и освоению в производстве новой техники и технологий государственной научно-технической программы “Белавтотракторосторение” на 2006...2010 г.г. В настоящее время МТЗ проводятся работы по созданию 8-ми корпусного плуга для тракторов 5-го класса, оборотных плугов с рессорной защитой корпусов для тракторов класса 3 и 4, а также разрабатывается 9-ти корпусный составной оборотный плуг.

Современные с/х агрегаты должны удовлетворять следующим требованиям: быть надежными, высокопроизводительными, легкоуправляемыми, быстро и легко подсоединяться к специализированному транспортному средству. Кроме того, создание новых тракторов мощностью 250-300 л.с. расширило конструктивные возможности создания с/х машин.

В данной статье рассмотрим принципиальную гидравлическую схему с/х агрегата изображенную на рисунке 1. Схема состоит из поворотных гидроцилиндров ПГЦ, обеспечивающих установку агрегата в рабочее или транспортное положение, гидрозамка ГЗ запирающего ПГЦ, распределителя РЗ, который регулирует давление в гидроцилиндрах ГЦ, обратных клапанов КО, аккумулятора А1, обеспечивающего подпитку ГЦ, распределителя Р2, управляющего прижимными гидроцилиндрами ГЦ. Демпфирующий аккумулятор А2 служит для предохранения гидроцилиндров ГЦ от жестких ударов при переключении распределителя Р2 или наезде на твердое препятствие.

Представленная схема обеспечивает свободное присоединение агрегата к трактору, поворот агрегата в рабочее и транспортное положение, регулировку глубины пахоты, а также предохраняет рабочие органы от ударов.

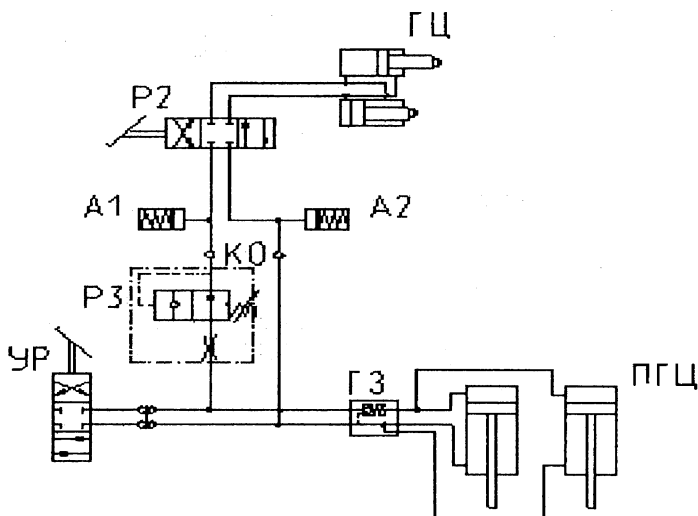


Рисунок 1. Принципиальная гидравлическая схема с/х агрегата: ГЦ – прижимные гидроцилиндры; Р2 – распределитель; А1, А2 – гидроаккумулятор, Р3 – распределитель с регулировочным клапаном, ГЗ – гидрозамок, ПГЦ – поворотные гидроцилиндры, УР – управляющий распределитель (входит в комплектацию трактора)

На основе данной гидравлической схемы возможно создание новой гаммы плугов. Разработка новых конкурентоспособных с/х агрегатов позволит повысить скорость и качество с/х работ. Производство новой отечественной техники позволит отказаться от закупки и последующего обслуживания дорогостоящих зарубежных аналогов. Вместе с тем важно отметить, что в качественной недорогой с/х технике заинтересованы и многие другие страны СНГ.

Литература

1. Синеоков, Г.Н., Панов, И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. М., Машиностроение, 1977. – С. 328.
2. Башта, Т.М. Машиностроительная гидравлика. М, Машиностроение, 1971. – С. 672.

Математическая модель рабочего процесса гидрообъёмного рулевого управления с усилителем потока

Заболоцкий Е.М., Автушко В.П.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время гидроприводы применяются в большей части систем самосвалов, расширяются их функциональные свойства и в ряде случаев значительно изменяются конструктивные схемы. Значительны масштабы использования гидроприводов в системах рулевого управления автомобилями особо большой грузоподъёмности. Поэтому один из показателей повышения технического уровня данных машин является снижение энергозатрат на управления. На современных автомобилях уменьшение усилия на рулевом колесе достигается введением в рулевое управление усилителей. Широкое распространение усилители получили с созданием автомобилей особо большой грузоподъёмности, на которых поворот управляемых колёс без помощи усилителя практически невозможен.

Усилителем рулевого управления называется сервомеханизм, предназначенный для создания момента, вызывающего поворот управляемых колёс автомобиля при приложении усилия к ободу рулевого колеса и суммирующегося с моментом, создаваемым этим усилием. Усилители рулевого управления являются элементарными следящими системами автоматического регулирования.

По виду используемой энергии усилители разделяют на гидравлические, пневматические, пневмогидравлические, электрические, вакуумные и механические. Но наибольшее распространение получили гидравлические усилители в виду того, что они бесшумны в работе, имеют меньшие размеры, служат своего рода амортизаторами ударов, действующих на рулевое управление со стороны дороги, позволяют сохранять направление движения при сильном уводе в случае внезапного разрыва передней шины во время движения с большой скоростью. Время срабатывания гидроусилителя (0,02-0,05 с) значительно меньше времени срабатывания пневмоусилителя (0,3-0,4 с). Включается усилитель плавно, незаметно для водителя.

Однако расширение области применения механических приводов с гидроусилителем натолкнулось на ряд трудностей, для преодоления которых необходимо обратиться к новому типу рулевого управления, в котором связь управляющего органа с исполнительным механизмом осуществляется только через объемный гидропривод рулевого управления (ГОРУ), включающий насос-дозатор и усилитель потока, без применения механических передач. Эта особенность рулевого привода обеспечивает полную свободу его компоновки и позволяет упростить конструкцию и снизить металлоемкость машины. Обеспечивается более легкое управление, высокая устойчивость против автоколебаний, отсутствует необходимость в регулировках в процессе эксплуатации.

Перечисленные выше преимущества обусловили расширяющееся применение данных систем рулевого управления у отечественных и зарубежных производителей карьерной техники. Поэтому в Белорусском национальном техническом университете совместно с РУПП «БелАЗ» выполняются НИР по проектированию гидрообъемного привода рулевого управления перспективных карьерных самосвалов.

Одним из этапов данной работы является оценка конструктивных параметров усилителя потока на динамические характеристики привода. Для чего была поставлена задача разработать его математическую модель и выполнить расчетные исследования.

В качестве рабочей модели был выбран самосвал БелАЗ-75131 грузоподъемностью 130 тонн. В данной схеме используется усилитель потока производства фирмы "DANFOSS" OSQB5.

При разработке математической модели приняты следующие допущения: в течение переходного процесса не изменяются температура, вязкость жидкости и количество нерастворенного в ней воздуха; отсутствуют утечки; пренебрегаем силами трения и сжимаемостью жидкости в сливной магистрали.

Для описания динамики контура используют три группы уравнений: 1) уравнения движения поршня и поворота ротора гидромотора; 2) уравнение движения жидкости в i -ом трубопроводе (баланс давлений); 3) уравнение расходов для i -го узла.

Расчётная схема контура гидропривода представлена на рисунке 1.

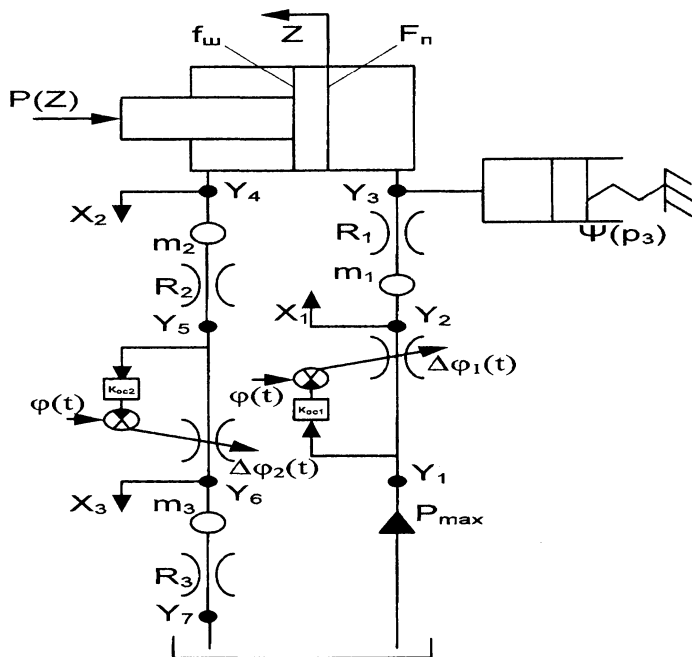


Рисунок 1. Расчётная схема контура гидропривода.

Таким образом, рассмотренная динамическая схема описывается системой, состоящей из двух уравнений второго порядка и одного первого:

$$\frac{d^2 Z}{dt^2} = \frac{1}{m_n + (a_2 + a_3) \cdot \frac{(F_n - f_w)^2}{f_2}} \cdot (p_3 \cdot F_n - (\frac{a_1}{\Delta\varphi_2^2(t)} + a_3 + a_6) \cdot \frac{(F_n - f_w)^3}{f_2});$$

$$(\frac{dZ}{dt})^2 \cdot \text{sgn} \frac{dZ}{dt} - (a_4 + a_7) \cdot \frac{(F_n - f_w)^2}{f_2} \cdot \frac{dZ}{dt} - (P_0 + c_i \cdot Z);$$

$$\frac{d^2 x_1}{dt^2} = \frac{1}{a_9} \cdot (p_{\max} - p_3 - (\frac{a_8}{\Delta \varphi_1^2(t)} + a_{10}) \cdot (\frac{dx_1}{dt})^2 \cdot \operatorname{sgn} \frac{dx_1}{dt} - a_{11} \cdot \frac{dx_1}{dt});$$

$$\frac{dp_3}{dt} = \frac{f_1 \cdot \frac{dx_1}{dt} - F_{\Pi} \cdot \frac{dZ}{dt}}{f_1 \cdot l_1 + F_{\Pi} \cdot (Z_0 + Z)} \cdot (E_{a0} + a_p \cdot p_3),$$

где $a_1 = \frac{0,5 \cdot f_3^2 \cdot \rho}{(\mu \cdot \pi \cdot D_{32})^2}$; $a_2 = \rho \cdot l_2$;

$$a_3 = 0,5 \cdot \xi_2 \cdot \rho + 0,443 \cdot \frac{k_{\xi} \cdot \rho \cdot l_2}{\sqrt{f_2}}; \quad a_4 = 27,5 \cdot \frac{\rho \cdot \nu \cdot l_2}{\sqrt{f_2}}; \quad a_5 = \rho \cdot l_3;$$

$$a_6 = 0,5 \cdot \xi_3 \cdot \rho + 0,443 \cdot \frac{k_{\xi} \cdot \rho \cdot l_3}{\sqrt{f_3}}; \quad a_7 = 27,5 \cdot \frac{\rho \cdot \nu \cdot l_3}{\sqrt{f_3}}; \quad a_{11} = 27,5 \cdot \frac{\rho \cdot \nu \cdot l_1}{\sqrt{f_1}};$$

$$a_8 = \frac{0,5 \cdot f_1^2 \cdot \rho}{\mu^2 \cdot \pi^2 \cdot D_{31}^2}; \quad a_9 = \rho \cdot l_1; \quad a_{10} = 0,5 \cdot \xi_1 \cdot \rho + 0,443 \cdot \frac{k_{\xi} \cdot \rho \cdot l_1}{\sqrt{f_1}}.$$

В данной системе: Z – перемещение поршня гидроцилиндра; $\Delta \varphi_n(t)$ – закон входного воздействия; F_{Π} , $f_{\text{ш}}$ – площади поршневой и штоковой полостей гидроцилиндра соответственно; m_{Π} – масса поршня; p_i – давление в i -ой точке; f_i – площадь проходного сечения i -го трубопровода; l_i – длина i -го трубопровода; c_0 – постоянная нагрузка на штоке гидроцилиндра; c_1 – коэффициент позиционной нагрузки; z_0 – расстояние между поршнем и крышкой в начальном положении; E_{a0} – базовый модуль упругости; a_p – коэффициент, учитывающий влияние давления; x_i – перемещение столба жидкости в i -ом трубопроводе; ξ_i – коэффициент местного сопротивления в i -ом трубопроводе; k_{ξ} – коэффициент, зависящий от шероховатости внутренних стенок трубопровода (0,02...0,03); ν – кинематическая вязкость; μ – динамическая вязкость; D_3 – диаметр золотника распределителя.

Решение данной системы уравнений осуществлялось на ПЭВМ численными методами. Выполнен многовариантный динамический расчет, проведен анализ влияния различных конструктивных и компоновочных параметров усилителя потока на динамику привода, выбраны их рациональные значения для разработки конструкции.

**Эксплуатация
автомобильного
транспорта**

Специфика трехфазного регулирования на крестообразных перекрестках

Цариков А.А.

СОГУ Управление автомобильных дорог
Екатеринбург, Россия

Увеличение уровня автомобилизации населения городов ведет к увеличению загрузки перекрестков, что резко усложняет условия регулирования. Поэтому возрастает количество пересечений с 3 и более фазным регулированием. Например, в г.Екатеринбурге доля пересечений с 3 фазным регулированием составляет 23% общего числа светофорных объектов. При этом доля таких пересечений в центральной и срединной зонах составляет около 30%; однако на периферии этот показатель всего 8% - это связано с тем, что уровень загрузки магистральной сети быстро убывает по мере удаления от центра. В связи с этим дальнейшее увеличение уровня загрузки перекрестков транспортными потоками приведет к росту количества схем с 3 фазным регулированием.

Различают четыре типа трехфазных схем регулирования на перекрестках крестообразного типа.

Тип 1 – Схемы с одним бесконфликтным левым поворотом, когда специальная фаза может объединять левоповоротный поток с потоком в прямом направлении, если последний отличается высокой интенсивностью и пропустить его полностью в первой фазе не удастся.

Тип 2 – Схемы с двумя бесконфликтными левыми поворотами в одной фазе. Вариантом трехфазного регулирования, является объединение двух встречных левоповоротных потоков. Чтобы реализовать такую схему без серьезного снижения пропускной способности, необходимо иметь уширение перед пересечением для двух левых и двух правых поворотов. Уширение полос для левых поворотов возможно за счет разделительной полосы. Схема удобна при высокой интенсивности прямого потока, и не значительной интенсивности поворотных маневров. Это позволяет удлинить 1 и 3 фазы регулирования, а 2 фазу делать короче.

Тип 3 – Схемы с двумя бесконфликтными левыми

поворотами в разных фазах. При наличии на пересечении двух интенсивных левых поворота, а также высокой неравномерности движения по направления (утром интенсивность движения в центр в 1,5 – 2 раза превышает поток из центра, а вечером наоборот - такие закономерности наблюдаются на пересечении улиц и дорог кольцевого и радиального направлений). При использовании схемы достаточно иметь такое же количество полос, что и на схеме второго типа.

Тип 4 – Схемы с полностью пешеходной фазой. В практике организации движения нередко встречаются случаи, когда на всех пешеходных переходах наблюдаются интенсивные потоки, требующие бесконфликтного пропуска. При этом отсутствуют возможности устроить подземные пешеходные переходы и запретить левые и правые повороты транспортных средств.

Таким образом, ошибка в выборе схемы регулирования может снижать пропускную способность на 20-30%, а несоответствие режимов регулирования – условиям движения влечет за собой снижение безопасности. В связи с этим в условиях роста уровня автомобилизации необходим более тщательный подход к выбору типа схем трехфазного регулирования.

УДК 656.13.08

Пропускная способность и длительность циклов регулирования на перекрестках с трехфазным регулированием

Ваксман С.А., Цариков А.А.

УрГЭУ, СОГУ Управление автомобильных дорог
Екатеринбург, Россия

Существует два подхода к расчету пропускной способности полос движения на перекрестках со светофорным регулированием: теоретический и эмпирический.

Теоретический способ предполагает под собой расчет пропускной способности по формуле, включающей параметр времени прохождения автомобилей через стоп-линию, постоянный в зависимости порядкового номера автомобиля в

очереди. Приведем некоторые расчетные модели.

Формула «Методических рекомендаций...» [1], 1987:

$$P_i = \frac{3600(t_{зел} + t_{уст} - t_{см} - t_{зад})}{T_{ц} * t_{уст}}$$

где P_i – пропускная способность полосы движения на регулируемом пересечении в сечении стоп-линии, ед/ч; $t_{зел}$ – длительность зеленого сигнала светофора, сек; $t_{уст}$ – установившийся интервал между автомобилями при пересечении стоп - линии, сек; $t_{см}$ – стартовая задержка первого автомобиля, сек; $t_{зад}$ – задержка второго и третьего автомобиля при пересечении стоп - линии, сек; $T_{ц}$ – длительность цикла регулирования, сек

Формула Вэбстера[2]: $P_i = \frac{t_{зел} * M_n}{T_{ц}}$

где $t_{зел}$ – длительность разрешающего такта, сек; M_n – поток насыщения, ед/ч;

Формула М.С. Фишельсона [3], 1967г: $N_n = \frac{3600(t_3 - a)}{t_n * T_{ц}}$

где N_n – пропускная способность одной полосы проезжей части в сечении стоп – линии регулируемого перекрестка, ед/ч; t_3 – продолжительность зеленой фазы, сек; a – отрезок времени между включением зеленого сигнала светофора и пересечением стоп - линии первым автомобилем. сек; t_n – средний интервал прохождения автомобилем через стоп - линию, сек.

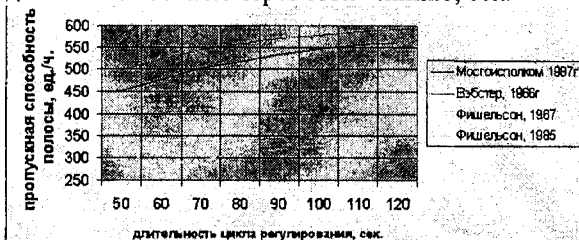


Рис. 1. Графики теоретических значений ПРС в зависимости от продолжительности трехфазного цикла

Процессы разгрузки очередей со стоп – линии представлены в работах: Лобанова Е.М., Англия Лондон, Вальца В.И., Левашева А.Г. Данные английских ученых 1960-х годов и В.А. Владимировой указывают на то, что максимальная пропускная

способность 3-х фазных схем регулирования достигается при длительности цикла $T_c=90$ секунд, то есть при длительности разрешающего такта не более 26 секунд. Дальнейший рост длительности тактов, ведет к снижению пропускной способности. Данные А.Г. Левашева указывают на максимальную пропускную способность при длительности цикла $T_c=100$ секунд. Кривые Лобанова Е.М. и Вальца В.К. (рис.2) не имеют достаточное количество данных для выявления пиковых значений.

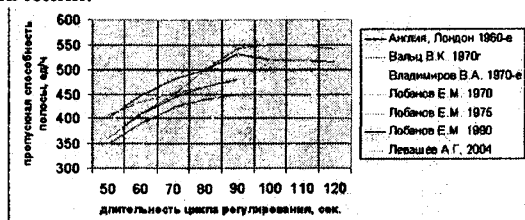


Рис.2. Графики эмпирических значений ПРС в зависимости от продолжительности трехфазного цикла

Исходя из разных предположений, как отечественные, так и зарубежные авторы пришли к разным значениям циклов регулирования при использовании трехфазных схем. В связи с этим необходимо для определения пропускной способности движения и оптимальной длительности циклов регулирования исследовать процесс движения автомобилей со стоп-линии в условиях высокой автомобилизации.

УДК 656

Работа грузового транспорта в городских условиях

Горяинов А.Н.

Харьковская национальная академия городского хозяйства
Харьков, Украина

Развитие инфраструктуры города приводит к изменениям в работе транспорта, в частности грузового. Существенную роль в изменения работы грузового транспорта оказывает увеличение количества и типов торговых предприятий, которые обслуживают городское население.

Используемый подход к организации работой грузового

транспорта не учитывает особенности торговых предприятий, что приводит к снижению эффективности при планировании перевозок, либо же к полному отказу от такого планирования на среднесрочный и долгосрочный период. В большинстве случаев планирование ведется только в краткосрочном периоде (или оперативном) и не позволяет выходить на расчет потребного количества водителей и планировать, законодательно оговоренные, режимы труда и отдыха. Результаты обследований части районов г. Харькова позволили установить ряд особенностей, которые в литературе по организации работы грузового транспорта в рамках города не учтены. Эти особенности можно сгруппировать в две основные группы: особенности территориального размещения торговых предприятий; особенности рыночной ориентации предприятия.

Развитие геоинформационных технологий позволяет значительно расширить возможности оперативного управления за работой грузового транспорта. Наряду с тем, что современные электронные карты городов позволяют представить данные об инфраструктуре города в масштабе до 1:10000, тем не менее транспортные возможности города остаются, в большинстве своем, представлены на уровне основных магистралей. Остаются за границами данные про транспортную инфраструктуру отдельных жилищных массивов, в которых сосредоточены различные торговые предприятия.

Данные обследований позволяют делать вывод о необходимости пересмотра подхода к планированию временных характеристик работы транспорта на маршрутах перевозок грузов. Изменения должны коснуться, в первую очередь, определения времени передвижения транспортного средства и времени разгрузки. Существующий подход жестко разделяет технологический процесс работы транспорта на: погрузку, движение, разгрузку. Предлагается произвести уточнение элементов движения и разгрузки. Имеется ввиду следующее: элемент транспортного процесса «время движения» разделить на «время движения по магистралям города» и «время движения по обслуживаемой территории»; элемент транспортного процесса «время разгрузки» заменить на «время транспортного обслуживания торгового предприятия».

Широко распространенным показателем при планировании

работы грузового транспорта является техническая скорость движения. Согласно существующих справочников по организации работы автомобильного транспорта техническая скорость движения принимается либо 24 км/час, либо 25 км/час (в зависимости от грузоподъемности транспортного средства). Ввиду стремительного развития техники и изменений в транспортных потоках города, использование таких значений скоростей вызывает сомнения, и требует пересмотра с учетом современных реалий города. С другой стороны, даже принимая за основу существующие нормативы, нельзя не согласиться, что скорость движения транспортных средств по дорогам различных категорий имеет различные значения. Следовательно, целесообразно предположить, что скорость движения по магистралям города и по территории непосредственного размещения торгового предприятия может быть отличной. Поэтому предлагаемое разделение элемента транспортного процесса «время движения» на «время движения по магистрали» и «время движения по обслуживаемой территории» является целесообразным.

В отношении такого элемента транспортного процесса как «время разгрузки» следует отметить следующее. Существует законодательно зафиксированное противоречие между определением элементов транспортного процесса с точки зрения технологии работы транспорта и определением с точки зрения правил перевозок грузов. Так, согласно правил перевозки грузов, время разгрузки устанавливается «с момента предъявления водителем товарно-транспортной накладной», а окончание разгрузки – «после вручения водителю надлежащим образом оформленных товарно-транспортных накладных». Таким образом, правилами перевозок грузов регламентируются только моменты начала и окончания погрузки и разгрузки, но не регламентируется время движения. С другой стороны, согласно теории транспортного процесса, если транспортное средство не простаивает, то оно находится в состоянии движения.

Наложение всей указанной выше информации позволяет выделить интервалы времени, которые не относятся ни к движению, ни к разгрузке (или погрузке). К таким интервалам времени могут относиться: время на маневрирование возле торгового предприятия, ожидание начала обслуживания и др.

В дополнение к характеристикам элементов транспортного процесса следует добавить также сильно развитую систему нормирования непосредственно операций погрузки и разгрузки. В специальной литературе представлен большой набор данных о выполнении различных видов погрузочных и разгрузочных работ с указанием точных значений затрат времени. Вместе с этим практически полностью отсутствует информация о нормировании смежных операций, связанных с обслуживанием торговых предприятий.

Суммируя представленную информацию можно сделать вывод о целесообразности пересмотра подхода к планированию отдельных элементов транспортного процесса, в частности «времени разгрузки», и введения элемента транспортного процесса – «время транспортного обслуживания торгового предприятия». Использование данного элемента позволит учесть большее количество факторов, которые оказывают влияние на продолжительность выполнения операций технологического процесса при обслуживании торговых предприятий. Полученные данные потребуют обобщения и выведения соответствующих нормативов для планирования и оценки работы грузового транспорта в рамках города.

УДК 656

Проектирование производственных мощностей участков погрузо-разгрузочных работ в логистической системе

Рославцев Д.Н.

Харьковская национальная академия городского хозяйства
Харьков, Украина

Одной из задач, которая является актуальной в цепях поставок, является минимизация затрат на достижение поставленных целей. Во многом решение данной задачи связано с планированием использования мощностей цепи поставок. Подобная задача в логистической системе решается на стратегическом, тактическом и оперативном уровнях. В рамках данной статьи планируется рассмотреть проектирование мощностей цепи поставок с точки зрения стратегического планирования.

В условиях рыночной экономики предприятие сталкивается с необходимостью постоянного контроля отклонения существующих условий от требований рынка. Отклонение потребной мощности от существующей в любую сторону приводит к появлению необоснованных затрат, а ошибки в проектировании производственных мощностей заканчиваются для организации, как правило, большими убытками. Подобная проблема требует решения двух задач: прогнозирования состояния рынка, и определение момента изменения существующих мощностей цепи поставок (реструктуризации).

Отдельным звеном в цепи поставок можно считать участок погрузо-разгрузочных работ (УПР) склада. Изменение объема материального потока будет приводить к несоответствию потребных и существующих мощностей, а следовательно, к возникновению задачи определения момента изменения существующих мощностей УПР. Подобная задача успешно решается при применении для ее решения проектного подхода. В этом случае сравниваются так называемые ситуации «с проектом» и «без проекта». В качестве критерия как правило используется экономический эффект (доходы, затраты) выраженный в денежных единицах.

Для исследований в этой области была построена математическая модель работы логистической системы. В данной модели описан процесс технологического взаимодействия участников логистической системы с учетом капитальных и эксплуатационных затрат. Исследуемую логистическую систему формируют следующие участники: производитель, распределительный центр, розничная сеть, транспортные участники соответственно на участке «производитель - распределительный центр» и «распределительный центр - розничная сеть». Данная модель позволяет определить эффективность работы исследуемой системы при изменении как технологических, так и финансовых характеристик. В анализе финансовых характеристик могут быть выделены исследования эффективности привлечения финансовых ресурсов: кредитные средства, лизинг, собственные средства, и эффективное распределение финансовых ресурсов между участниками логистической системы, на основе технологии их совместной работы.

Используя часть описанной выше модели, проектирование работы УПР и транспорта в цепи поставок предполагается рассматривать в рамках одного проекта, с критерием эффективности «минимум затрат». Моделирование работы логистической системы в целом предполагает значительное количество допущений и неточностей, которые снижают качество получаемых результатов. Проектирование работы двух звеньев (УПР и транспорта) цепи поставок позволит уменьшить количество допущений и получить более реальные результаты.

На основе полученных результатов планируется сформировать рекомендации по проектированию совместной работы УПР и транспорта на стратегическом уровне.

УДК 656. 13

Влияние формы трущихся пар фрикционных тормозов-замедлителей на величину тормозного момента

Ерицян Г.С.

Государственный инженерный университет Армении, Ереван

Фрикционные тормоза-замедлители (ТЗ) отличаются от других типов замедлителей тем, что у моторных, гидро- и электродинамических замедлителей отсутствуют элементы трения, создающие тормозной момент. Экспериментальные исследования различных типов ТЗ показывают, что по своей эффективности (развиваемый тормозной момент) ведущее место занимают гидравлические замедлители, далее-электрические и, наконец, моторные. Эти три типа замедлителей получали более широкое распространение, чем фрикционные ТЗ.

Фрикционные замедлители обычно изготавливаются с применением дисков, имеющих плоские поверхности трения. Они часто называются "мокрыми" и, как правило, бывают многодисковыми. Преимущество фрикционных ТЗ, по сравнению с электродинамическими, заключается в том, что их общий вес более в 1.5-2.0 раза меньше. Но вместе с тем, их эффективность примерно в 2 раза меньше электрических.

Теоретический и практический интерес представляет изменение тормозного момента фрикционных ТЗ в зависимости от формы трущихся элементов. Для решения этой задачи

допустим, что ТЗ имеют разные по форме поверхности трущихся пар: плоская (дисковая), коническая, параболическая и сферическая. При этом все типы имеют: одинаковые размеры рабочих поверхностей, т.е. поверхности ограничены теми же радиусами, одинаковые коэффициенты трения трущихся элементов, одинаковы также силы, передаваемые фрикционным парам тормозными приводами.

При таких допущениях определим тормозные моменты для ТЗ, имеющими указанные поверхности трения.

а) ТЗ с плоскими дисками. Величина тормозного момента с плоскими элементами трения известна:

$$M_{\text{пл}} = \frac{2}{3} \mu F \frac{R^2 + Rr + r^2}{R + r}, \quad (1)$$

где μ - коэффициент трения, F - сила, передаваемая фрикционной паре тормозным приводом, R и r соответственно наружный и внутренний радиус дисков.

б) Допустим, что для параболических поверхностей задано уравнение вида $y = kx^2$. Расчетная схема ТЗ с параболическими элементами трения приведена на рис. 1.

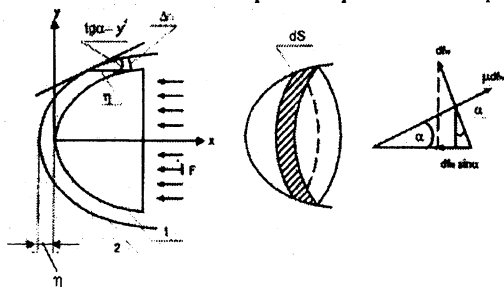


Рис. 1. Фрикционный ТЗ с параболическими элементами трения 1 и 2 - блоки

При перемещении блока 1 на η влево, части поверхности блока 2, положение которых определяются координатой x (см. рис. 1), перемещаются внутрь по нормали к поверхности на величину $\Delta n(x)$. Очевидно, что $\Delta n(x) = \eta y' / \sqrt{1 + (y')^2}$, $\text{tg} \alpha = y'$. Для элементарной нормальной силы, действующей на

поверхность (параболического слоя с шириной dx), при первом приближении, можем написать выражение:

$$\frac{df_N}{dS} = A\Delta n(x) = A\eta \frac{y'}{\sqrt{1+(y')^2}}, \text{ откуда } df_N = A\eta \frac{y'}{\sqrt{1+(y')^2}} dS.$$

Так как $dS = 2\pi y dx$, то $df_N = A\eta \frac{2\pi y y'}{\sqrt{1+(y')^2}} dx$.

Интеграл от горизонтальной составляющей $(df_N)_{гор} = (df_N)_x$ по всей трущейся поверхности, есть сила F .

Но для $(df_N)_{гор} = (df_N)_x$ имеем $(df_N)_x = df_N \cdot \sin \alpha$ или

$$(df_N)_x = A\eta \frac{2\pi(y')^2}{[1+(y')^2]} dx, \text{ следовательно } F = \int_{x_1}^{x_2} A\eta 2\pi y \frac{(y')^2}{[1+(y')^2]} dx$$

Обозначим $\int_{x_1}^{x_2} 2\pi y (y')^2 \frac{dx}{[1+(y')^2]} = J, (2)$

тогда $A\eta = F/J$ (3) и $df_N = \frac{F}{J} 2\pi y (y')^2 \frac{dx}{[1+(y')^2]}$.

Тормозной момент, создаваемый силой df_N , будет:

$$dM = \mu df_N y \quad \text{или} \quad dM = \frac{2\mu\pi F}{J} (y^2)(y')^2 dx,$$

откуда получим: $M = \frac{2\mu\pi F}{J} \int_{x_1}^{x_2} \frac{(y^2)(y')^2}{[1+(y')^2]} dx. (4)$

Уравнение (4) дает возможность определить тормозной момент, фрикционных ТЗ, имеющих как конусообразные, так и параболообразные элементы трения. Для этого необходимо определить J (по формуле (2), подставив это значение в формулу (3), определить произведение $A\eta$, одновременно в формуле (4) заменить y и y' величинами, соответствующими конусообразным и параболообразным поверхностям трения.

Для нашего примера, как показано выше имеем $y = kx^2$. По формуле (2) определим значение J :

$$J = 2\pi \int_{x_1}^{x_2} kx^2 4k^2 x^2 \frac{dx}{1+4k^2 x^2}. (5)$$

Решение уравнения (5) даст:

$$J = \frac{\pi}{4k^2} \left(\frac{z^3}{3} - z + \operatorname{arctg}z \right) \Big|_{z_1}^{z_2} = \frac{\pi}{4k^2} \cdot \left(\frac{z_2^3}{3} - z_2 + \operatorname{arctg}z_2 - \frac{z_1^3}{3} + z_1 - \operatorname{arctg}z_1 \right).$$

Тормозные моменты, определяемые по полученным формулам рассчитаны при $\mu = 0.3 = \text{const}$; $F = 200\text{H} = \text{const}$, $k = \text{var}$; радиусы R и r соответствуют данным, приведенным в таблице 1, где указаны также расчетные значения моментов $M_{\text{пл}}$, $M_{\text{нар}}$, M_k . Для более наглядного представления влияния угла наклона касательной к поверхности трения на тормозной момент конусообразного и параболаобразного ТЗ, на рис. 2 построены графики функции $M_{\text{нар}} = f_1(k)$ и $M_k = f_2(k)$. Графики построены для случая $R = 0.24_{\text{м}}$ и $r = 0.20_{\text{м}}$.

Таблица 1 – Результаты расчетов тормозных моментов, Нм

k	Радиусы, м	$M_{\text{пл}}$	M_k	$M_{\text{нар}}$
1	$R = 0.24, r = 0.20$	13.236	13.236	3,261
	$R = 0.24, r = 0.16$	12.160	12.160	14,852
	$R = 0.24, r = 0.12$	11.200	11.200	109,021
0.5	$R = 0.24, r = 0.20$	13.236	26.472	-
	$R = 0.24, r = 0.16$	12.160	24.320	-
	$R = 0.24, r = 0.12$	11.200	22.400	-
1.5	$R = 0.24, r = 0.20$	13.236	8.824	-
	$R = 0.24, r = 0.16$	12.160	8.106	-
	$R = 0.24, r = 0.12$	11.200	7.466	-

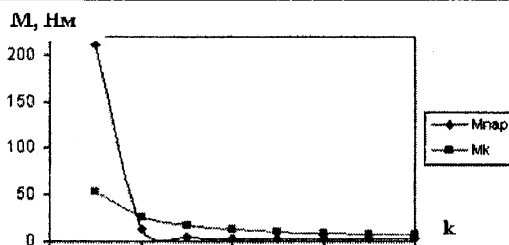


Рис. 2. Влияние “k” на тормозной момент

С увеличением угла наклона касательной к поверхности трения, т.е. с увеличением “k” при постоянных радиусах “R” и “r”, тормозные моменты ТЗ как с параболаобразной так и с конусообразной поверхностью трения, уменьшаются. Указанное

уменьшение происходит более резко при небольших значениях “ k ”. При увеличении разницы $R - r$, если угол наклона касательной (k) не изменяется, тормозной момент $M_{\text{пар}}$ увеличивается, а M_k уменьшается. Увеличение тормозного момента $M_{\text{пар}}$ происходит более резко при больших значениях $R - r$. Если радиус шара $R_{\text{ш}} = \text{const}$, то тормозной момент шарообразного ТЗ уменьшается с уменьшением разницы $R_{\text{ш}} - R$. При $k \geq 0.5$ тормозной момент конусообразного ТЗ имеет большие значения, чем момент параболообразного ТЗ.

УДК 656.13

Разработка методик применения периферийного оборудования в модернизируемой АСУ ДД

Навой Д.В., Рожанский Д.В.

УГАИ ГУВД Мингорисполкома,

Белорусский национальный технический университет

Как известно, одним из первых, в которых введена омская автоматизированная система управления дорожных движением (АСУ ДД) «Город» был город Минск. Система неплохо себя зарекомендовала и не раз модернизировалась, приобретая новые функции, которые было не возможно реализовать в 1981 году. Однако, поскольку время выдвигает новые требования, было решено создавать собственную белорусскую систему управления в рамках темы «Проектирование и внедрение модернизированной технологии управления движением транспортных и пешеходных потоков в г. Минске». Необходимо отметить, что некоторые функциональные возможности старой системы так и не были востребованы. Ответственным разработчиком новой АСУ ДД стало ГНПО «АГАТ» (УП «НИИ средств автоматизации»).

Важнейшим видом технических средств АСУ ДД, входящих в состав периферийного оборудования системы, являются детекторы транспорта, представляющие собой источник информации о параметрах транспортных и пешеходных потоков

на улично-дорожной сети. Общие принципы построения детекторов транспорта базируются на методе прямого определения характеристик транспортного потока и косвенной оценки с помощью известных установленных связей с ними остальных характеристик. Именно с их помощью обеспечивается обратная связь и управление в реальном масштабе времени, а также возможно создание более сложных интеллектуальных систем. В составе АСУ ДД рекомендовано применение двух типов детекторов транспорта: детекторов транспорта определяющих момент прохождения транспортных средств на индуктивной основе с укладкой в дорожное покрытие и радиолокационных детекторов транспорта. Критериями для определения точек установки и типов устанавливаемых датчиков являются: наличие требований к информации телеизмерений в составе входных данных реализуемых (поддерживаемых) светофорными объектами технологических алгоритмов управления. Активно стали применять такое средство, как табло вызывное пешеходное (ТВП). Оно предназначено для включения через дорожный контроллер сигналов светофоров, разрешающих движение пешеходов через проезжую часть по их запросу. Табло пешеходного информирования (ТПИ) – предназначено для информирования пешеходов о продолжительности действия разрешающего либо запрещающего сигналов. ТПИ могут применяться со следующими пешеходными светофорами: П1 (I,II), П2(I,II), П.1.к(I,II). При реализации алгоритма *Вызывное регулирование с запросом от пешехода с изменением режима регулирования* на период нерегулируемого режима ТПИ находится в автономном режиме, при смене режима на регулируемый ТПИ производит обратный отсчет времени разрешающего сигнала для пешеходов.

Таким образом, при развитии или создании АСУ ДД необходимо четкое владение методиками не только технического исполнения средств системы, но и методиками их применения. Некоторые технические средства, которые применяются в городских автоматизированных системах, могут с успехом применяться в системах автоматизированного управления загородными автомагистралями.

Подключение детектора транспорта к компьютеру

Мочалов В.В.

Белорусский национальный технический университет

С 1998 года на кафедре «Организация автомобильных перевозок и дорожного движения» БНТУ успешно используется компьютерный комплекс анализа параметров транспортного потока, содержащий детектор транспорта ДТ4 АССУД, компьютеры «Электроника МС», а затем «Искра» и интерфейсную часть для их подключения. Необходимость использования современных, в том числе мобильных ПК заставила усовершенствовать подключение комплекса к современным компьютерам. Непосредственное подключение к IBM-компьютерам нестандартных внешних устройств невозможно. Были проанализированы возможности различных интерфейсов – стандартов на конструктивные электрические и информационные характеристики различных модулей, подключаемых к процессору для связи с внешними устройствами: оценены возможности связи по шинам ISA, MCA, PCI для видеоадаптеров, ввод данных через COM-порт и LPT-порты, через звуковую карту. Последний вариант один из наиболее простых, практически не требующий аппаратных дополнений. Детектор может быть подключен по линейному или микрофонному входу (рис.1).

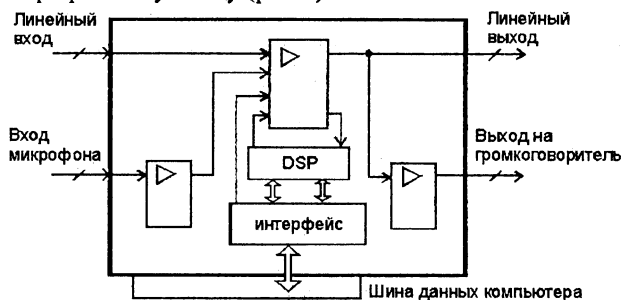


Рис.1. Подключение к компьютеру через звуковую карту

Однако необходимость анализа нескольких процессов заставили перейти к наиболее распространенному и

востребованному в современных мобильных ПК интерфейс - USB. Универсальная последовательная шина (Universal Serial Bus) обеспечивает большую скорость обмена данными между компьютером и периферийным устройством по сравнению со стандартными портами ввода-вывода (последовательным - COM и параллельным - LPT). Версия стандарта USB 1.1, обеспечивает обмен данными со скоростью до 12, а USB 2.0 - до 400 Мбит/с. Для поддержки низкоскоростных устройств предусмотрен режим передачи со скоростью 1,5Мбит/с.

Популярность интерфейса USB обусловлена его универсальностью: разработаны как простые USB-устройства (мыши, клавиатуры) так и сложные (принтеры, сканеры, цифровые камеры и др.). Другие преимущества USB: возможность питания внешнего устройства через интерфейсный разъем; поддержка теоретически до 127 устройств на одном порту. Связь компонентов USB-архитектуры осуществляется по четырехжильному кабелю длиной до 5 м (можно увеличить, установив дополнительные концентраторы). Имеются контакты питания +5В и GND и два для организации последовательной передачи данных D+ и D-. Все устройства подключаются без выключения и перезагрузки компьютера и автоматически распознаются системой и конфигурируются, благодаря поддержке режима Plug and Play. Интерфейс USB 2.0 обеспечивает полную обратную совместимость со стандартом USB 1.1, вплоть до использования одинаковых кабелей и разъемов. В настоящее время все современные мобильные ПК обладают поддержкой USB и обеспечивают наличие 6-8 таких портов. Нужно отметить, что USB-интерфейс весьма сложен в аппаратной реализации и его описание составляет более 300 стр. [1]. Специалистами отмечается [2], что ранние попытки создать работоспособное устройство, связывающее микропроцессор с компьютером, у многих разработчиков окончились неудачей. Это связано со сложностью USB как со стороны аппаратных решений, так и со стороны математического обеспечения. Например, известная микросхема USBN9603/USBN9604 фирмы National Semiconductor имеет в своём составе около 50 регистров, которыми должен управлять микропроцессор для того, чтобы обеспечить связь с компьютером по USB. Математическое обеспечение в этом случае должно

использовать две библиотеки Hid.dll и Setupapi.dll с множеством функций, которые необходимо изучить достаточно подробно.

Анализ показал, что наиболее удобной для создания и разработки приложений с поддержкой USB серию продуктов, являются изделия компании FTDI (Future Technology Devices Int.). Эти изделия рекомендуются в частности и российским Институтом радиотехники [3], который является дистрибьютором указанной английской компании. Если контроллеров USB на рынке компонентов более чем достаточно, то специализированных микросхем, позволяющих спроектировать и изготовить USB-устройства значительно меньше. Фирма FTDI предлагает в своей линейке продуктов для USB микросхему FT8U245AM(BM) — буфер FIFO, позволяющий создавать устройства на базе произвольного микроконтроллера с поддержкой USB. FT245AM/BM USB FIFO являются сравнительно экономичными вариантом для того, чтобы организовать обмен информацией между периферийным устройством и компьютером со скоростями до 8 Мбит/с. Микросхема делает более удобным взаимодействие с любым CPU, используя каналы прямого доступа к памяти (DMA) или порты ввода-вывода контроллера периферийного устройства. Для передачи данных от устройства к ПК достаточно записать байт данных в буфер при неактивном бите состояния. В случае переполнения 384 байт буфера устройство перестает подтверждать готовность к записи. Отправка данных приостанавливается до тех пор, пока они не будут пересланы из FIFO по USB. Когда компьютер связывается с периферийным устройством, FT245AM подтверждает заполнение приемника выставлением в единицу бита состояния. Чтение информации из FIFO происходит до тех пор, пока этот бит активен. FT245AM выполнена в 32-х выводном LQPF-корпусе. Микросхема работает в коммерческом температурном диапазоне — от 0 до +70 °С. Использование микросхемы FT8U232AM в качестве виртуального COM порта подробно изложено в [4].

Особо следует подчеркнуть, что с официального сайта фирмы FTDI [1] можно бесплатно получать программное обеспечение USB FT8U245AM и постоянно обновляемые версии драйверов для работы с проектируемым периферийным устройством.

На рис.2 показана базовая принципиальная схема устройства, разработанная с учетом рекомендаций Семенова Ю.В. [2], а на рис.3 – общий вид разработанного устройства.

Устройство представляет собой пятиканальный (возможен для использования восьмиканальный) аналого-цифровой преобразователь, подключаемый к компьютеру по интерфейсу USB 1.1 с драйвером виртуального COM – порта для устройств Future technology Direct.

Связь с компьютером через USB-разъем, связь с детектором транспорта через дополнительный разъем со следующими контактами:

- | | |
|------------------|------------------|
| 1. Общий | 2. Вход канала 0 |
| 3. Вход канала 1 | 4. Вход канала 2 |
| 5. Вход канала 3 | 6. Ключ |
| 7. Вход канала 4 | 8. Напряжение |

питания (5В – 15 % до100 мА)

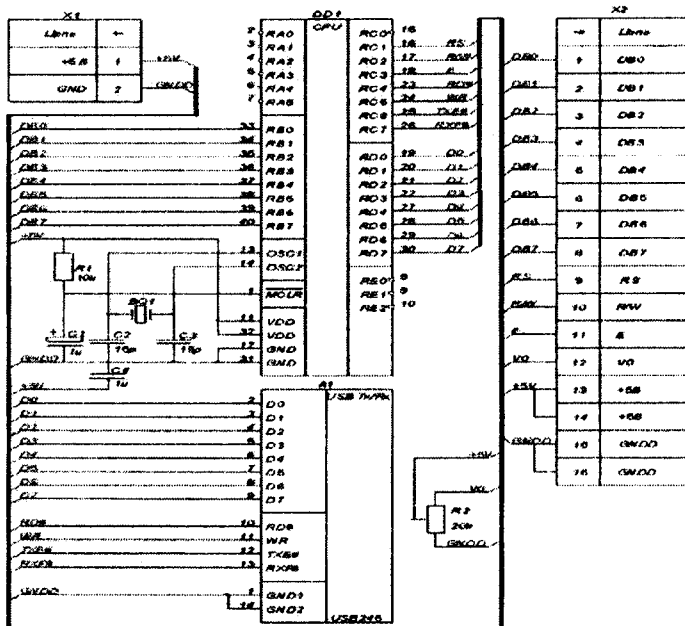


Рис.2.Базовая принципиальная схема устройства

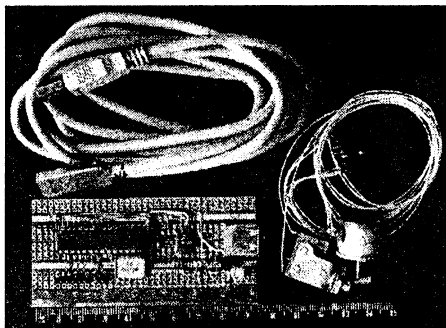


Рис.3. Вид разработанного устройства

Для детектора транспорта используются два канала – нулевой (аналоговый сигнал детектора) и четвертый (строб присутствия). Данные передаются в компьютер в следующем формате:

+ - Время начала записи в формате ЧЧ:ММ:СС (часы, минуты, секунды);

- - Последовательные отсчеты с интервалом 0.01 сек (только в детальном режиме, множитель 0.4 В);

* - Суммарное время (в секундах) / амплитуда записанного сигнала (в вольтах).

Пример принятых от детектора транспорта через USB-порт данных: +10:29:17; -8,00; -11,00; -11,00; -13,00; ...; -132,00; -133,00; -133,00; -132,00; -131,00; ...; -7,00; * 0,49/ 5,22.

Основные характеристики устройства: частота дискретизации: 1 кГц независимо от количества активных каналов; диапазон входных сигналов: 0..10 В; количество разрядов: 10.

Литература

1. www.ftdichip.com - официальный сайт фирмы FTDI.
2. Семенов, Ю.В. FT8U245AM в интерфейсе USB. [<http://www.kulakov.ru/>].
3. <http://www.institute-rt.ru> – сайт института радиотехники.
4. А. Лысенко, Р. Назмутдинов, И. Малыгин. Преобразователи интерфейса USB на микросхемах FT8U232AM, FT8U245AM. – М.: Журнал «Радио» №№ 6, 7, 2002.

Инженерная графика

УДК 515(076.1)

Порядок выполнения, защиты и сдачи студентами графических работ и аттестации студентов по дисциплине «Инженерная графика»

Зеленый П.В., Терентьева И.Л.

Белорусский национальный технический университет

Ввиду специфики предмета проверка умений, знаний и навыков при обучении имеет особое значение. Учет успеваемости следует рассматривать не как самоцель, а как средство повышения качества учебной работы. Он должен быть: индивидуальным и всесторонним, своевременным и систематическим, объективным и дифференцированным, практическим и прикладным. Для этого необходимо проводить следующие виды учета успеваемости: текущий (еженедельный), периодический (контрольные работы), итоговый (зачет или экзамен).

Текущий учет знаний проводится при выполнении графических работ: выявляются знания, умения и навыки, полученные студентами на лекциях и практических занятиях. До сведения студентов доносится не только объем работ за семестр, предусмотренных календарным планом, но и конкретные сроки сдачи этих работ.

Текущий учет и проверка знаний проводятся по мере изучения различных тем программы во время практических занятий, как при фронтальном опросе, так и при просмотре, проверке и сдаче домашних индивидуальных заданий. Наиболее целесообразна проверка индивидуальных заданий в присутствии студента, чтобы сразу разобрать с ним ошибки. Вопросы же оформления чертежа целесообразно относить на последующие проверки. В конце каждого занятия необходимо провести анализ наиболее распространенных ошибок и ознакомить с ними студентов. Последующие семестровые задания следует выдавать студентам только при выполнении ими 70-80% предыдущего задания.

Ограничиваться только текущим учетом неверно, так как *периодический учет* способствует систематизации знаний и яв-

ляется средством повторения и закрепления материала. Выполняемые с этой целью контрольные работы способствуют более объективному учету фактических знаний, так как выполняются самостоятельно, в течение строго определенного времени. И в то же время контрольная работа – средство проверки не только учащихся, но и преподавателя, а также рабочей программы и методики преподавания.

Надо учитывать и то, что большая часть индивидуальных работ выполняется с помощью преподавателя, а любая контрольная работа дает «резвую» оценку знаний. Может быть, в случае не выделения времени на контрольные работы в учебных планах, их следует проводить по основным темам за счет времени работы студентов у доски (начертательная геометрия) и даже выполнения аудиторно индивидуальных заданий, так как не секрет, что часто практические занятия превращаются в консультации, особенно на 2-м курсе, что менее эффективно для поддержания качества учебного процесса.

Основная функция контрольной работы – проверка знаний студентов. Но есть еще и обучающая функция – работа над ошибками, допущенными при ее выполнении. Поэтому нельзя ограничиваться только выставленной первичной оценкой, а следует провести и работу над ошибками, и дать возможность выполнить эту работу повторно на положительную оценку. Этим самым мы подготовим студента к выполнению зачетной работы или к получению допуска к экзамену.

Итоговый учет знаний проводится в форме зачета или экзамена.

Зачет принимается до начала экзаменационной сессии преподавателями, ведущими занятия в группе. Все графические работы должны быть выполнены аккуратно, подписаны преподавателем в графе основной надписи чернилами. Зачет по инженерной графике дифференцированный. Допускается прием зачета по результатам промежуточного контроля в семестре (контрольная работа), если оценка была не ниже 8 (восьми). Накануне зачета преподаватель обеспечивает возможность ликвидации отставания отдельных студентов от графика учебного процесса, допущенного ими в течение семестра. Студенты, пропустившие занятия без уважительных причин могут быть допущены к отработке деканом факультета по согласованию с ка-

федрой (см. Положение о курсовых, экзаменах и зачетах в БНТУ).

К экзамену допускаются студенты, выполнившие грамотно и в соответствии с требованиями полный объем графических работ за семестр, причем при условии зачета их преподавателем, и получившие положительные оценки по контрольным работам. В случае утери семестровых или контрольных работ – графические работы возобновляются. Пересдача экзамена, по которому получена неудовлетворительная оценка, в период экзаменационной сессии, как правило, не допускается. Для ликвидации академической задолженности деканы факультетов устанавливают индивидуальные сроки. Пересдача экзамена с неудовлетворительной оценки по одной и той же дисциплине допускается не более 2-х раз. Распоряжением заведующего кафедрой для приема зачета или экзамена может быть создана комиссия в случае возникновения конфликтной ситуации. Комиссия создается в составе трех преподавателей, в том числе и преподаватель, у которого студент обучался. Оценка, выставленная комиссией, является окончательной.

Студенты *заочной формы* обучения допускаются к сдаче экзамена по инженерной графике (1 курс, 1 семестр) или дифференцированного зачета (последующие семестры) при условии выполнения, сдачи и защиты ими контрольных расчетно-графических работ. В начале каждого семестра студентам-заочникам выдаются индивидуальные задания на семестр.

В помощь студентам заочной формы обучения предусмотрены: установочные лекции, консультации в течение семестра по расписанию кафедры, рецензирование контрольных работ, практические занятия во время сессии. Защита контрольных работ производится во время консультации.

В соответствии с требованиями контрольные работы должны быть выполнены в карандаше с помощью чертежных инструментов в заданном масштабе на стандартных форматах с соблюдением всех требований стандартов ЕСКД. Эскизы должны быть выполнены от руки в глазомерном масштабе на миллиметровой бумаге.

В случае небрежного или неправильного оформления контрольной работы, студенту может быть предложено переделать часть заданий или выдано дополнительное задание.

Первая страница (титульный лист) контрольной работы должен быть оформлена по образцу. Титульный лист может быть выполнен на компьютере.

Выполнение чертежей средствами компьютерной графики допускается по согласованию с преподавателем, после выяснения, что студент действительно владеет компьютерной графикой, и у него есть доступ к компьютерной технике.

Порядок рецензирования и защиты контрольных работ по графическим дисциплинам определен многолетней практикой. Каждая контрольная работа, представляется на рецензию в полном объеме на три недели раньше срока, указанного в учебном графике. Без графических заданий, по которым выполняется контрольная работа, работа не рецензируется.

Преподаватель кафедры составляет рецензию, отмечая достоинства и недоработки заданий, и делает пометку: «Допускается к защите» или «К защите не допускается» с датой и подписью. Студент должен внимательно ознакомиться со всеми замечаниями преподавателя, внести исправления и доработать задания, сохраняя замечания рецензента. Если работа не допущена к защите, то после исправления и доработки, контрольная работа в полном объеме высылается на повторную рецензию. Титульный лист сохраняется с пометками рецензента. При необходимости переделки титульного листа, на повторную рецензию работа присылается с двумя титульными листами. Контрольная работа с пометкой «Допускается к защите» ~~должна быть защищена~~.

При защите работы студент обязан ответить на вопросы, касающиеся защищаемой контрольной работы. Если при защите контрольной работы, преподаватель выясняет, что студент выполнил контрольную работу не самостоятельно, контрольная работа может быть аннулирована или студенту выдаются дополнительные задания. При защите контрольной работы преподавателем ставится «Работа защищена», датой и подписью. Защищенная работа хранится у студента до экзамена или зачета. Методические разработки, пособия, указания, полученные на кафедре, должны быть возвращены при защите контрольной работы. Представленный материал разработан на основе обобщения многолетнего опыта работы со студентами всех форм обучения графическим дисциплинам в БНТУ и в других технических вузах республики.

УДК 515(076.1)

**Обоснование программ для 10-х – 12-х классов
политехнической гимназии по курсу
«Введение в инженерную и компьютерную графику»**

Зеленый П.В., Лешкевич А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Качество подготовки будущего инженера в техническом вузе во многом определяется полнотой графического образования, лежащего в основе формирования пространственного воображения, весьма необходимого для моделирования и конструирования. Инженерная графика (начертательная геометрия – проекционное черчение – машиностроительное черчение) предмет специфический, требующий плавного, постепенного и, что особенно важно, последовательного изучения. Поэтому, чем раньше начнется процесс обучения графике, тем он будет эффективнее.

Начертательная геометрия, проекционное черчение являются разделом геометрии и, в конечном счете, математики, в котором в более доступной, наглядной форме осуществляется решение тех же уравнений определением точек пересечения объектов графическими способами.

Область применения графических способов решения математических задач ничуть не меньше, чем необходимость решения систем уравнений. В техническом конструировании, картографии, геодезии, дорожном и гражданском строительстве и т.д. с успехом применяется начертательная геометрия. В конце концов в настоящее время появляются способы, упрощающие практическое применение высшей математики, придающей ей наглядность, которые основаны на методах начертательной геометрии. Это прежде всего компьютерные графические системы, компьютерная графика, мобильная видеосвязь и т.д.

Система образования только тогда становится прогрессивной и современной, когда развивается динамично, равномерно распределяя усилия на все компоненты. Повышенное внимание к одним составляющим в ущерб другим наносит непоправимый вред в самой главной после медицины области - в воспитании и педагогике.

В недалеком прошлом советская школа была политехнической, в которой хотя и на минимальном уровне, но все же уделялось внимание черчению в течение 2 лет – в 6-м и 7-м классах. В настоящее время в средних школах этот предмет не преподается вот уже несколько лет. Совершенно очевидно, что сокращать или вовсе убирать эту область геометрии из образования по меньшей мере нелогично.

В политехнической гимназии №6 г. Минска курс черчения не только оставлен, но и превращен во «Введение в техническое творчество» или «Введение в инженерную и компьютерную графику», на который возлагается ответственная задача подготовки будущих специалистов к эффективному восприятию и изучению начертательной геометрии и инженерной графики. Курс преподается в трех старших классах в 9-м, 10-м и 11-м.

В начале, в 9-м классе возводится фундамент графической подготовки – даются основы начертательной геометрии – образование системы координат, проецирование элементарных геометрических объектов – точки, прямой, плоскости. Приводятся сведения о простейших поверхностях – призме, пирамиде, цилиндре, конусе, шаре, о способах нахождения положения точки на проекциях объектов, определении точек линий пересечения объектов и построения этих линий. Программа 9-го класса насыщена графическими работами, выполняемыми учащимися в классе, закрепляющими теоретический материал.

В 10-м классе учащимся предлагается набор проекционных задач в порядке возрастания сложности, дается весьма подробно тема «разрезы, сечения», вводится индивидуальная самостоятельная работа с моделями в присутствии преподавателя. Учащиеся знакомятся с методикой преподавания предмета в вузе, приучаются к самостоятельной работе, получает элементарные навыки и сведения о трехмерном проецировании, выполняя несколько графических работ в аксонометрии.

Завершающий этап довузовской графической подготовки определяется программой 11-го класса. Целью этой программы является обучение учащихся навыкам самостоятельной работы со справочной литературой при выполнении эскизов рабочих чертежей реальных машиностроительных деталей. Графические работы максимально приближены к реальной конструкторской деятельности, что помогает абитуриенту непосредственно перед

поступлением в вуз сделать выбор специальности более сознательным.

Во второй половине последнего года обучения учащимся предлагаются темы элементарных курсовых проектов, связанных, либо с техническим описанием реальных объектов, либо с расчетом и проектированием несложных узлов механизмов или машин. В конце курса предусмотрен экзамен, либо защита курсового проекта, которая происходит перед комиссией, организованной администрацией гимназии. Таким образом, учащийся «проходит» весь цикл будущего учебного процесса во втузе на примере графического образования.

Практика работы в политехнической гимназии на протяжении 15 лет, отзывы выпускников гимназии – студентов вузов или уже молодых специалистов показывает достаточную эффективность данной программы и облегчает работу со студентом в начальные годы учебы в вузе – годы становления будущего специалиста.

Эта работа может быть расценена и как профориентационная в области инженерной деятельности, причем более высокого уровня, когда с родом этой деятельности учащиеся, если можно так сказать, сталкиваются вплотную. Они не понаслышке оценивают, скажем, работу конструктора, а реально представляют, что такое выполнить чертеж, разработать конструкцию какого-нибудь механизма, оформить весь комплект необходимой документации на изделие. Эта работа отличается, прежде всего, своей трудоемкостью, требует усидчивости, чисто физического многочасового старания при работе над чертежом. При общем высоком уровне подготовки именно это для многих учащихся может оказаться неприемлемым, и тогда они не сделают ошибку, часто допускаемую, при выборе будущей профессии при поступлении в вуз. Они не будут стремиться стать, например, конструкторами или технологами-производственниками, а подберут в техническом вузе другую инженерную специальность, больше связанную с менеджментом, маркетингом и т.п.

В связи с изложенным, реализуемая в минской политехнической гимназии программа профильного обучения учащихся на завершающей третьей ступени образования может быть оценена как инновационная.

**Разработка конструкции исследовательского
водородоуглеродного газогенератора**

Киселев Л.И., Тявловская Т.М., Назаров Н.С.
Белорусский национальный технический университет

В соответствии с патентом ВУ 6476 С1 разработана конструкция водородоуглеродного газогенератора ВУГ-3, целью которого является непрерывное получение высококалорийного газообразного топлива, необходимого качества, путем газификации только двух технически чистых углеродосодержащих веществ (топлива) и воды, превращающейся с помощью специального устройства (высокотемпературного парогенератора) в водяной пар высокой температуры и низкого давления (в пределах атмосферного). Такой пар позволяет осуществлять газификацию, т.е. «сжигание» углерода топлива в водяном паре только по эндотермическим химическим реакциям, непрерывно, в аллотермическом режиме.

Аллотермичность (подвод тепла со стороны в зону реакции) метода позволяет использовать тепло «сторонних источников энергии». Это может быть энергия ветра, гидроэнергия, солнечная и в перспективе термоядерная. Становится возможным в качестве стороннего источника использовать не используемое тепло выхлопных газов тепловых двигателей и т.п.

Газогенератор состоит из двух основных узлов: высокотемпературного парогенератора и реактора. В разработанном газогенераторе эти два узла конструктивно совмещены.

Парогенератор в виде кольцевого зазора между реактором 1 и оболочкой 3 снаружи охватывает реактор. Перегрев водяного пара до высокой температуры при давлении близком к атмосферному осуществляется электроспиралью 12, которая намотана вокруг оболочки реактора в керамических бусах. Перегрев пара за счет электричества выбран в исследовательском газогенераторе с целью более точного контроля расхода энергии. Как указывается в патенте, перегрев пара может осуществляться любым источником энергии в том числе и за счет дополнительного сжигания используемого топлива. Испарение воды в представленной конструкции может осуществляться как в самом парогенераторе, так и в отдельном испарителе. В первом случае

вода тонкой струйкой подается на верхнюю часть нагретой шахты. При этом используется тепло отходящих газов.

В случае исполнения испарителя отдельным, пар от него так же подается в отверстие штуцера. Протекая в кольцевом зазоре и омывая электроспираль, водяной пар нагревается до нужной температуры, более 400 К. Температура перегрева пара будет определяться скоростью потока пара. При неподвижной паровой атмосфере температура перегрева пара будет наибольшая при установленной температуре нагрева. Мощность нагревательной спирали регулируется регулятором мощности. Снизу кольцевой зазор парогенератора свободен, поэтому он через колосниковую решетку соединен с реактивной зоной реактора. Превышение давления водяного пара над атмосферным будет определяться сопротивлением топлива, возникающем при продувке.

Продукты газификации из реактивной зоны ректора поднимаются вверх по шахте и подогревают топливо. А сами охлаждаются до 200-300 К. Через отводящий патрубок газогенератора газ подается потребителю.

Топливо, в качестве которого может использоваться уголь или кокс, в шахту загружается периодически через верхний люк. Зола отработанного топлива через колосниковую решетку просыпается вниз, в песчаный затвор 15, 16. Песчаный затвор закрывает доступ перегретого водяного пара в атмосферу, по мере накопления золы в затворе она удаляется снятием крышки 7.

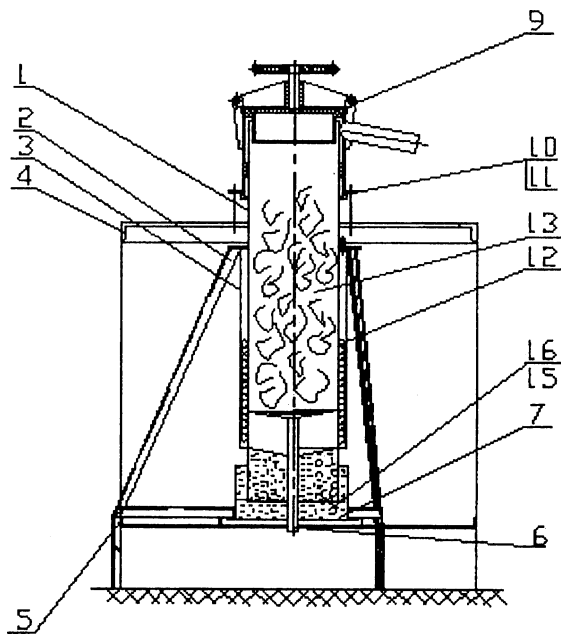
Снаружи газогенератор теплоизолируется сначала слоем огнеупорной глины, затем теплоизолирующим материалом.

Электрической спиралью нагревается не только водяной пар, но и прогревается снаружи реактора топливо. Однако из-за низкой теплопроводности топлива, тепло от спирали не может использоваться для осуществления эндотермических реакций газификации.

Перегретый до высокой температуры водяной пар является не только реактивом, но и «донором» тепла эндотермического процесса. Электрический нагрев снаружи реактора снижает расход перегретого водяного пара, необходимого для разогрева стенок реактора.

Вся конструкция водоугольного газогенератора смонтирована на раме и установлена на треноге. Наружные размеры водоугольного газогенератора определяются свойствами применяемого теплоизолятора.

По разработанным чертежам изготовлена установка, на которой отработываются технологические режимы непрерывного получения водородоуглеродного газа.



**Совершенствование методов преподавания
инженерной графики студентам
военно-технического факультета**

Толстик И.В.

Белорусский национальный технический университет

Стремительное развитие информации в обществе предъявляет новые требования к подготовке современного студента: он должен уметь ориентироваться в информационном потоке и с помощью информации самостоятельно повышать уровень знаний. А ведь все, что человек делает самостоятельно, придает ему уверенность в собственных силах. Кроме этого, студенты активно осваивают компьютерные программы - отчеты по производственной практике, лабораторные работы и дипломные проекты выполняются только на компьютере, в компьютерном варианте предоставляются и доклады на конференции. Навыки черчения теперь также осваиваются с помощью информационных технологий. Уже много лет на нашей кафедре в преподавании инженерной и компьютерной графики - новой дисциплины, применяют графическую систему «AutoCAD», которая хорошо развивает навыки точного черчения, облегчает работу над чертежом и упрощает его понимание.

В современных условиях оптимальным решением совершенствования методов преподавания инженерной графики курсантам военно-технического факультета (ВТФ) является параллельное изучение компьютерной графики. В результате изучения дисциплины курсант должен уметь использовать полученные знания при выполнении конструкторских документов с помощью компьютерной графики. Действительно, прогресс в развитии информационных технологий не обошел ту сторону деятельности человека, которая связана с разработкой конструкторской и технологической документации. Созданы компьютерные системы, позволяющие автоматизировать процесс разработки и создания конструкторской документации (CAD-системы), наиболее известные из которых AutoCAD, T-Flex, КОМПАС-3D.

Что ж собой представляет конструкторская документация, которую должен уметь выполнять курсант после изучения дис-

циплины? До недавнего времени это были чертежи, схемы, текстовые документы, выполненные на бумаге. Новая конструкторская документация, создаваемая с помощью САД-систем, имеет вид электронных документов и обладает огромными преимуществами по сравнению с бумажными. Одним из достоинств САД-систем является возможность создания электронной трёхмерной модели изделия. Уже сегодня электронной модели детали достаточно для того, чтобы по ней, например, с помощью системы SprutCAM, разработать управляющие программы для станков с ЧПУ и изготовить саму деталь. Если вчера чертёж на бумажном носителе был основой машиностроительного производства, то сегодня сам чертёж создаётся по электронной модели изделия. Использование САД-систем в учебном процессе расширяет инженерно-технический кругозор курсантов, даёт большие возможности для развития их конструкторских способностей, готовит к работе на современном предприятии. Необходимость использования компьютеров и программного обеспечения в виде САД-систем в ходе преподавания инженерной графики кажется очевидной.

Если курсантов обучать инженерной графике только на компьютере, то на занятиях по другим дисциплинам они не смогут карандашом на бумаге выполнить более-менее грамотное, аккуратное изображение, т.е. изучая инженерную графику, они не приобретут навыков работы с карандашом, циркулем, линейкой. Кроме того, каждому человеку приходится делать какие-то разметочные работы, чтобы что-то отпилить, где-то просверлить и т.п., а для этого надо иметь навыки работы с угольником и карандашом. Да и далеко не все подразделения предприятий сегодня имеют компьютеры. Поэтому нашему выпускнику надо уметь работать и с САД-системой и чертить руками.

Опыт использования системы трёхмерного твёрдотельного моделирования «AutoCAD» на нашей кафедре показал возможность сочетания в учебном процессе САД-системы и традиционного черчения. С помощью нее мы учим студентов создавать трёхмерные модели деталей и сборок, ассоциативные чертежи, спецификации, пользоваться библиотеками системы. Параллельно с этим учим выполнять чертежи карандашом на бумаге. Сегодня – это самый оптимальный подход к совершенствованию

нию методов преподавания инженерной графики и курсантам ВТФ.

Важной составляющей в подготовке будущего специалиста является освоение блока геометро-графических дисциплин. Основной дисциплиной в этом блоке является «Инженерная графика», которая формирует ряд базовых знаний и умений для дальнейшего полноценного развития специалиста. Современный уровень развития техники и технологий на производстве в области машиностроения ставит перед специалистом конкретные требования к минимуму знаний. Этот минимум знаний закладывается в процессе обучения в учебных заведениях разных уровней. Все это заставляет нас значительно шире взглянуть на методику преподавания инженерной графики и выдвинуть ряд отличительных требований к специалисту-выпускнику.

На промышленных предприятиях уже в течении многих лет идет внедрение электронного документооборота, охватывающее не только создание производственных инструкций, приказов, извещений, но и конструкторских и технологических документов. Поэтому актуальность обучения курсантов, будущих молодых специалистов навыкам работы с графической системой «AutoCAD», позволяющей создавать электронные версии конструкторских и технологических документов возрастает из года в год. Можно сказать, что внедрение в процесс обучения компьютерной графики в БНТУ дисциплины, которая обучает студентов принципам работы в системах двух- и трехмерного проектирования продиктовано временем и позволяет резко повысить качество выпускаемых специалистов. В дальнейшем одним из требований для выпускника высшего учебного заведения является навык работы в САПР-редакторах уровня CAD/CAM/CAE/PDM/PLM приложений. Эти навыки не ограничиваются простым вычерчиванием чертежей изделий в редакторах, а заключаются в более глубоком изучении данных программ. А именно: построение 3D моделей, создание параметрических моделей, ассоциативных чертежей, сборочных узлов и спецификаций. В качестве примера можно назвать такие программы как Autodesk AutoCAD, КОМПАС 3D PLUS, Unigraphics Solutions.

Одним из путей реализации такого обучения является создание некоторой последовательности учебных дисциплин, ко-

торые позволили бы наиболее полно развить творческие и инженерные качества студентов. Начальным этапом для этого обучения является инженерная и компьютерная графика (изучение AutoCAD - на базовом уровне обучения) что позволит в дальнейшем перейти к программированию (изучение Unigraphics - на повышенном уровне обучения), а позже к практике (отработка практических навыков и умений на конкретных примерах).

В современных условиях, в связи со значительными изменениями в социально-политической системе нашего государства, знания, полученные курсантами ФТВ – не просто важнейший источник эффективного решения оборонных задач, но и движущая сила фундаментальных преобразований военной организации государства. В условиях, когда компьютер занимает все более важную и неотъемлемую часть в современном обществе, использование компьютерных технологий в учебном процессе позволит обеспечить будущее страны высококвалифицированными командирами и начальниками, способными разрабатывать и внедрять новые идеи во все сферы наук.

Экономика и управление на транспорте

**Современное состояние рынка
грузовых международных автоперевозок**

Ивуть Р.Б.

Белорусский национальный технический университет

Автомобильный транспорт, осуществляющий международные перевозки, занимает важное место в жизнеобеспечении многоотраслевой экономики Республики Беларусь и реализации социальной политики государства, способствует развитию интеграционных процессов между странами, расширению международного товаро- и пассажирообмена.

Удельный вес автотранспортного рынка в транспортном секторе является наибольшим и ежегодно увеличивается вследствие высокой гибкости, надежности, скорости и более низкой возможности ущерба. В настоящее время, например, грузовые автомобили перевозят около 80 % всех грузов в промышленно развитых странах, ежедневно они доставляют 70 кг грузов на каждого человека, живущего в этих странах.

В республике Беларусь более 3 млн. тонн внешнеторговых грузов ежегодно перевозится автомобильным транспортом и еще 7 млн. тонн грузов следует транзитом через территорию нашего государства.

В объеме поступлений от экспорта транспортных услуг доля автомобильного грузового транспорта составляет 25,9% (288 млн. долл. США).

Общая сумма, полученной в 2005 году выручки от эксплуатации автомобилей в международном сообщении, по данным государственной статотчетности, составила 850,9 млрд. рублей. В бюджет уплачено – 116,8 млрд. руб., в т.ч. налогов и сборов от деятельности, связанной с эксплуатацией автомобилей, – 78,7 млрд. рублей, неналоговых платежей – 38,1 млрд. рублей (плата за проезд по дороге М1-Е30, приобретение разрешений на проезд по территориям иностранных государств и проезд ТКТС). В организации и осуществлении международных автомобильных перевозок в 2005 году, было задействовано 57,0 тыс. чел, в т.ч. более 18,0 водителей.

Почти 90% выручки от эксплуатации автомобилей, обеспечено благодаря работе международных перевозчиков, имеющих допуск к процедуре МДП (763,1 млрд. рублей).

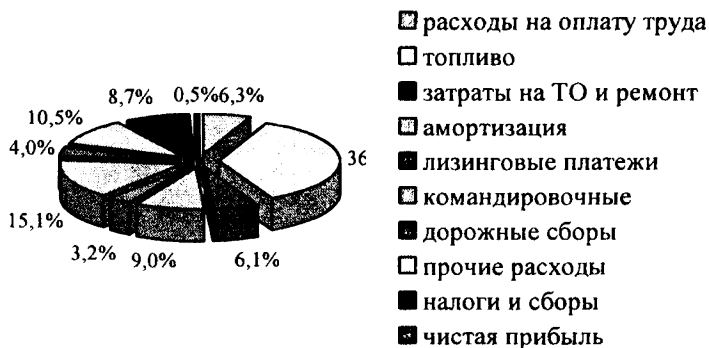
Транспортными организациями, имеющими допуск к процедуре МДП, перевезено в 2005 году 4,3 млн. тонн грузов, выполнено 262 тысячи рейсов, при этом грузооборот составил 8,2 млрд. т.км.

За последние пять лет оборачиваемость автомобиля выросла практически на 50 %. Если в 2000 году в среднем выполнялся автомобилем 1 кругорейс в месяц, то в 2005 году – 1,42 кругорейса. Рост фрахтовых ставок за последний год по отдельным направлениям перевозок составил более 20 % по сравнению с 2003 годом.

Прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия, в расчете на один автомобиль составила в среднем 226 долл. США.

Сложившаяся в 2005 году структура затрат и их удельный вес в полученных доходах представлены на диаграмме.

Удельный вес основных статей расходов и чистой прибыли в доходах от осуществления международных автоперевозок грузов по форме №1-тр (МДП) за 2005 год



Основной статьей затрат является топливо. В 2005 году его удельный вес в доходах составил 36,6 %. В 2003 году эта величина равнялась 32 %.

Кроме роста затрат на приобретение топлива, существенно выросли расходы на оплату труда (на 20,4%), амортизацию

транспортных средств (на 33,3%) и накладные расходы (на 24,4%).

Рост затрат характерен не только для белорусских перевозчиков, соответствующие процессы происходят и у перевозчиков других государств, например, ЕС. Однако их размер и структура существенно отличаются от отечественных.

Так, расходы белорусских перевозчиков в расчете на 1 км пробега для исключения фактора влияния разности расстояний являются одними из самых низких – в среднем 0,58 евро, в то время как в странах ЕС достигают 1,13 евро на 1 км. Это в немалой степени создает конкурентное преимущество белорусским перевозчикам.

Финансовые показатели работы автомобильного транспорта за 2005 год по данным формы №1-тр (МДП) представлены в таблице.

Таблица

Финансовые показатели работы международного автомобильного транспорта

Наименование показателя	Значение показателя	
	тыс. рублей	тыс. долл. США
Выручка от эксплуатации грузовых автомобилей	762 108 599,3	353 975,2
Затраты, связанные с эксплуатацией грузовых автомобилей	715 012 547,7	332 100,6
в т.ч. амортизация основных средств	68 758 075,9	31 935,9
Прибыль	15 955 303,3	7 410,7
Начисленные налоги и сборы из прибыли (дохода)	12 125 322,3	5 631,8
Прибыль, остающаяся в распоряжении предприятия	3 829 981,0	1 778,9

Данные таблицы свидетельствуют об эффективности работы международного автомобильного транспорта республики. Следует отметить, что выручка от эксплуатации грузовых

1

автомобилей ежегодно увеличивается, в основном, благодаря увеличению оборачиваемости транспортных средств на линии.

УДК 656.13.338

Обновление автотранспорта, занятого международными перевозками

Кисель Т.Р.

Белорусский национальный технический университет

Поплавский Веслав

Польша

В настоящее время белорусские перевозчики, осуществляющие международные перевозки, не в состоянии осуществлять приобретение транспорта за счет собственных средств, которыми являются прибыль и амортизационные отчисления.

За счет этих средств возможно приобрести не более 200 автомобилей в год, однако ежегодная потребность в обновлении парка составляет не менее 1000-1500 автопоездов. При таком количестве обновляемых транспортных средств можно рассчитывать только на привлеченные ресурсы, а также создание на законодательном уровне благоприятных условий приобретения транспортных средств.

Изменение белорусского законодательства в этой области в 2003 году было направлено на ограничение ввоза импортной техники и стимулирование, таким образом, приобретения автомобильных транспортных средств отечественного производства. Однако финансирование приобретения транспортных средств отечественного производства не получило развития.

Основная причина – сложность доступа к кредитным ресурсам и высокая плата за пользование ими, необходимость предоставления дополнительных залогов помимо самих приобретаемых транспортных средств, жесткие требования к финансовому состоянию предприятия, сложная и длительная процедура оформления документов.

Принятие в апреле 2004 году Указа Президента Республики Беларусь № 171 «О некоторых мерах по улучшению условий реализации автомобильных транспортных средств отечественного производства» не позволило кардинально

изменить ситуацию, так как этот документ не решил все перечисленные выше проблемы, и применять его на практике имеют право только два коммерческих банка.

В сложившихся условиях в 2005 году приобретена только 151 единица новых автомобилей, в т.ч. 75 отечественного производства.

Для обновления парка международных перевозчиков подобными темпами понадобится несколько десятков лет.

Здесь необходимо учитывать тот факт, что на международных линиях автомобили можно эксплуатировать до 7 лет. Уже сегодня в республике срок эксплуатации двух третей транспортных средств превышает семь лет.

Конкурентоспособный парк автотранспортных средств, соответствующих экологическим требованиям Евро-2 и Евро-3, у белорусских перевозчиков составляет 31,5 % от общего количества и не растет на протяжении последних трех лет.

При этом доля автотранспортных средств уровня Евро 3 – составляет всего 12 %. В то же время у основных белорусских конкурентов количество автомобилей Евро-3, в последние годы значительно увеличилось и составляет от 30 до 45 %.

Учитывая проводимую государствами Евросоюза политику по ограничению допуска на свои рынки транспортных средств, не соответствующих установленным экологическим параметрам, существует реальная опасность, что при таких темпах обновления белорусским перевозчикам через три-четыре года не будет работы на рынке перевозок в Западной Европе. Уже в 2005 году остались невостребованными белорусскими перевозчиками 111,0 тысяч (27 %) разрешений на проезд по территориям иностранных государств.

Как показали исследования, наиболее эффективным решением данной проблемы является лизинг автомобилей, соответствующих европейским стандартам Евро-3 и Евро-4. Проведенный анализ свидетельствует о преимуществах приобретения автомобилей зарубежного производства по сравнению с автомобилями семейства «МАЗ». При более высокой первоначальной стоимости зарубежных автомобилей, они более надежны в эксплуатации и позволяют экономить денежные средства при их эксплуатации.

Проблемы регулирования цен в сфере малого и среднего бизнеса

Шумилин А.Г.

Белорусский национальный технический университет

Войшнис Барбара

Польша

В настоящее время в Беларуси используются пять механизмов регулирования цен: фиксированные, предельные цены, предельные торговые надбавки, предельный норматив рентабельности, декларирование цен. Предприятия производители серийной продукции, цены на продукцию которых не подлежат регулированию перечисленными способами, имеют право повышать цены только в рамках предельных индексов изменения отпускных цен, устанавливаемых Советом Министров РБ, которые фактически отражают прогнозируемый уровень инфляции, распределенный по месяцам года. В случае, если цена превышает предельный индекс изменения отпускных цен, предприятие обязано обратиться в региональный орган по контролю за ценами для того, чтобы зарегистрировать данную цену. Если в органе по контролю за ценами сочтут повышение цены выше предельного индекса отпускных цен необоснованным, предприятию могут отказать в регистрации, и в этом случае установление цены на продукцию выше предельного индекса изменения цен будет являться нарушением.

Согласно данным исследования Международной финансовой корпорации (IFC) "Деловая среда в Беларуси", около 60% респондентов ответили, что цены на выпускаемую/реализуемую ими продукцию регулируются государством. Регулирование ценообразования имеет место практически во всех отраслях экономики, но в большей степени в строительстве, торговле и общественном питании.

Целью государственной политики в области регулирования цен является сдерживание их необоснованного роста. Однако административное регулирование не является эффективным инструментом сдерживания их роста. По данным Министерства статистики РБ, цены на продовольственные и непродовольственные товары, а также цены на платные услуги

населению имеют тенденцию устойчивого роста, в то время как динамика роста реальных доходов населения за последние три года снижается. В то же время регулирование ценообразования негативно сказывается на развитии субъектов хозяйствования. 79% руководителей предприятий малого и среднего бизнеса ответили, что административное регулирование

ценообразования усложняет хозяйственную деятельность. Это происходит потому, что регулирование ценообразования ограничивает накопление капитала и, следовательно, возможность предприятия финансировать инвестиции за счет собственных средств, предприятия несут потери из-за инфляции при регулируемых ценах, а также увеличиваются непроизводительные затраты из-за дополнительного документооборота.

Предприятию для развития необходимы финансовые ресурсы. В условиях отсутствия фондового рынка и возможности получить долгосрочный кредит по приемлемой цене многие предприятия, особенно малые и средние, вынуждены полагаться на собственные силы. Фонд прибыли предприятий становится одним из основных источников финансирования инвестиций в развитие предприятий малого и среднего бизнеса. Ограничение возможности накопления капитала предприятием фактически приводит к его неспособности внедрять новые продукты, осваивать новые технологии, создавать новые рабочие места.

Регулирование цен мало отвечает интересам потребителей, так как чрезвычайно усложняет процесс предоставления скидок и, как следствие, возможность потребителей приобретать товар по более низкой цене. Скидки - широко используемый инструмент во всем мире для привлечения покупателей и ускорения оборачиваемости капитала - практически не используются в Беларуси. Скидки позволяют людям с небольшим доходом приобретать необходимые для них товары со значительной экономией денежных средств. Скидки могут сделать товары высокого качества доступными для всех. При отсутствии регулирования ценообразования один и тот же товар может продаваться как с наценкой 500%, так и с отрицательной наценкой в целях ускорения оборачиваемости капитала. Таким образом, любой товар, изначально предлагаемый как товар в высоком ценовом сегменте, может быть приобретен потребителем

как с высоким уровнем дохода, так и с низким. Вопрос лишь в том, когда товар будет куплен: сразу при поступлении на прилавок или по истечении времени? Регулирование цен делает подобную практику невозможной, отчего прежде всего страдает потребитель.

Может ли отказ от административного регулирования цен привести к их неоправданному росту? Руководители многих предприятий считают, что нет. Цена на предлагаемый товар зависит от объема предложения аналогичных товаров на рынке. Поэтому чем ниже барьеры входа на рынок, тем больше предприятий будут предлагать однотипную продукцию, и, следовательно, конкуренция между ними будет постоянно способствовать сдерживанию цены, так как цена всегда являлась одним из решающих факторов для потребителя в принятии решения о покупке товара. Административное регулирование цен также негативно сказывается на интересах государства.

Во-первых, ограничение прибыли предприятий приводит к ограничению поступлений от налога на прибыль. Поступления от налога на прибыль и доходы составляет в среднем 11 % от доходной части консолидированного бюджета. Это говорит о том, что поступления от налога на прибыль и доходы играют существенную роль в формировании доходной части бюджета страны. Бизнес очень чутко реагирует на возможность и желание потребителей заплатить более высокую цену, за предлагаемый товар. Более высокая прибыль, предприятия означает более высокую сумму уплаченного налога на прибыль.

Во-вторых, предприятие может уйти в тень, и потери государственного бюджета будут еще более ощутимыми. Согласно данным исследования Всемирного банка Doing Business 2005, объем серой экономики Беларуси оценивается в 48 % валового национального дохода, или около 7 миллиарда долларов США.

Регулирование цен создает дополнительные сложности в хозяйственной деятельности. Более половины респондентов, сталкивавшихся с регулированием цен на их продукцию, отмечали, что испытывали сложности с получением информации от государственных органов о процедурах, связанных с ценообразованием.

Потребность в информации могла быть связана как с большим

количеством актов, затрагивающих порядок формирования цены (например, в отношении состава затрат, включаемых в себестоимость, в настоящее время действуют 63 акта), так и с частым изменением нормативных правовых актов о ценообразовании.

Контроль за соблюдением порядка формирования цен осуществляют 10 контрольных органов:

- Комитет государственного контроля,
- Министерство по налогам и сборам,
- Органы контроля над ценами Министерства экономики,
- Министерство финансов,
- Фонд социальной защиты Министерства труда,
- Министерство статистики,
- Государственный таможенный комитет,
- Национальный банк,
- Коммерческие банки,
- МВД (ОБЭП).

Санкции за нарушение порядка ценообразования достаточно высокие: взыскание выручки, полученной в результате завышения цен, и штрафа в таком же размере (для сравнения: в РФ только взыскание выручки). Повторное нарушение может являться основанием для принятия решения о ликвидации юридического лица.

Административное регулирование цен и особенно жесткие санкции за нарушение порядка формирования цен крайне негативно сказываются на инвестиционном имидже Беларуси. Таким образом, система контроля за ценообразованием во многом не отвечает интересам всех участников экономических отношений в стране.

Для улучшения ситуации целесообразно провести следующие мероприятия: Отказаться от прямого административного регулирования цен на все виды продукции, за исключением цен на продукцию естественных монополий; перейти к адресной поддержке социально незащищенных групп населения; ограничить круг органов, которые имеют право контролировать порядок формирования цен.

**Планирование потребности
в водителях грузовых автотранспортных предприятий**

Коржицкий Д.Л.

Белорусский национальный технический университет

Выбор направления для исследования обусловлен обострением в последние годы проблем в области занятости населения, как в нашей стране, так и за рубежом. В государственной программе занятости населения Республики Беларусь на 2006 год запланированы 1,5% уровень безработицы и создание 97,2 тыс. новых рабочих мест, что практически соответствует численности занятых на автомобильном транспорте. В США на апрель 2006 года было запланировано создание 200 тыс. новых рабочих мест, а создано только 130 тыс. Этот показатель имеет важное значение для оценки интенсивности развития экономики. Специалисты связывают невыполнение плана по созданию рабочих мест в США с падением курса доллара. Развитые страны мира и Евросоюза столкнулись с огромным объемом "недоиспользованных" трудовых ресурсов, среди которых безработные, те, кто вынужден работать неполный рабочий день и стремится к полной занятости. Во Франции и Италии доля такой "недоиспользованной" рабочей силы достигла в 2004 году 21%. В таких условиях возрастает значимость качества методик оценки потребности в персонале, поскольку во многом от них будет зависеть эффективность использования трудовых ресурсов в отдельных секторах экономики.

Анализ статистических данных, характеризующих занятость населения в различных отраслях экономики Республики Беларусь показал, что за период с 1990-1995 год численность занятых в экономике Республики Беларусь сократилась на 14,4%, а за период с 1996 - 2005 год - на 2,1%. Это объясняется действием государственной политики в области занятости, проводимой в Республике Беларусь с 1995 года.

На транспортных предприятиях трудоустроено около 6% от общей численности занятого во всех отраслях экономики населения. Третья часть из них - это работники автомобильного транспорта. В этой отрасли ситуация с занятостью населения

была гораздо хуже, чем в целом по республике. За период с 1996 - 2005 год численность работников автомобильного транспорта сократилась на 31%. Тем не менее, снижение численности персонала значительно отставало от сокращения производственной базы. Среднесписочное количество автомобилей уменьшилось за этот период на 92%. В 2005 году масштабы вынужденной неполной занятости в этой отрасли составили 5,3% от списочной численности работников в среднем за период, тогда как в целом по экономике - только 3,45%. Вместе с ростом производительности труда в тонно-километрах на 50% убыточность выполняемых перевозок также увеличилась на 50%. Все это говорит о недостаточно эффективном использовании персонала в этой отрасли.

В 2005 году структура занятых на автомобильном транспорте была следующей: 48% - водители автомобилей, каждый второй из которых - это водитель грузового автомобиля, 35% - ремонтные и вспомогательные рабочие, 6% - руководители и 11% - это специалисты и другие служащие.

В условиях внедрения в практику хозяйствования отечественных предприятий логистических технологий подвижной состав автомобильного транспорта стал использоваться не только для осуществления перевозок, но и для временного хранения груза, выполняя функцию склада для временного хранения. Время хранения товаров в грузовом отделении автомобиля относится к простоям под погрузкой-разгрузкой, которое является непроизводительным с точки зрения использования рабочего времени водителя. На предприятиях автомобильного транспорта с 1999 года наметился ежегодный прирост на 1% удельного веса продолжительности простоев под погрузкой-разгрузкой во времени в наряде. В 2004 году на каждом пятом автотранспортном предприятии он достигал 30%, в том числе удельный вес целодневных простоев - 7%. Обеспечивая выполнение погрузо-разгрузочных работ водитель выполняет функции экспедитора, поэтому при продолжительных простоях происходят нерациональные затраты средств на оплату труда. Для сокращения этих затрат предлагается не использовать водителей для обеспечения погрузки-разгрузки при целодневных простоях, а вводить должность экспедитора. При

этом прогнозирование численности водителей предлагается производить с помощью модифицированного метода расчета численности работников по нормам обслуживания, который учитывает неравномерность продолжительности рабочего дня водителей, занятых на различных видах перевозок и целодневные простои под погрузкой-разгрузкой.

Для расчета численности водителей предлагается корректировать используемый метод с помощью коэффициента загрузки автомобиля по времени, который предлагается определять по следующей формуле:

$$K_{з} = \frac{\sum_{k=1}^{D_p} T_{нк}^{\phi} - K_{пр} * P_{в}}{\sum_{k=1}^{D_p} T_{нк}}$$

где D_p - количество рабочих дней за период; $K_{пр}$ - количество целодневных простоев под погрузкой-разгрузкой, дн.; $P_{в}$ - продолжительность рабочего дня водителя, час; $T_{нк}^{\phi}$ - фактическое время пребывания в наряде за предыдущий период; $T_{нк}$ - планируемое время пребывания автомобиля в наряде.

С помощью усовершенствованного метода можно определить способы закрепления водителей за автомобилями, которые позволяют наиболее эффективно использовать фонды рабочего времени водителей и автомобилей за счет сокращения непроизводительных затрат рабочего времени, повышения уровня специализации труда и его производительности.

Использование предложенного метода позволяет лучше, по сравнению с существующими учесть особенности организации труда водителей, специфику работы отдельных АТП, а также увязать планирование численности с другими планами, разрабатываемыми на предприятии.

Проблемы развития рынка международных автомобильных перевозок

Антюшеня Д.М., Нарушевич С.С.

Белорусский национальный технический университет

Рынок международных автомобильных перевозок грузов является составной частью общего рынка транспортных услуг, а автомобильный транспорт - конкурентом на этом рынке. Конкуренция на рынке транспортных услуг определяется соотношением спроса на перевозки со стороны потребителей и предложения со стороны транспортных компаний.

Важнейшими показателями становятся: скорость доставки, сохранность груза, специализация транспортных средств, своевременное информирование о местонахождении груза.

Эффективное выполнение международных перевозок грузов и конкурентоспособность белорусских перевозчиков в значительной степени зависит от технического обеспечения этих перевозок и, в первую очередь, от наличия современных автопоездов, отвечающих по своим характеристикам международным экологическим и техническим стандартам.

Во всех странах ЕС устойчивой тенденцией является постоянное ужесточение требований к подвижному составу.

В ближайшее время ожидается несколько новых принципиально важных изменений в ЕС в отрасли автоперевозок. Во-первых, разрабатывается законодательный акт для повышения их безопасности. Его суть в том, что будет учитываться не только время, потраченное водителем на управление автомобилем и отдых, но также время, которое он уделит любым другим посторонним работам. В связи с этим владельцам транспортных компаний придется тщательно организовывать действия экипажа подвижного состава. На смену всем известным аналоговым самописцам придут электронные карточки с микрочипом, который будет аккумулировать всю информацию о водителе и режиме его работы. Соблюдение режима труда и отдыха водителей - важный фактор безопасности движения. С введением цифровых тахографов скорость и время вождения можно будет регистрировать за весьма длительный период, значительно

усовершенствуется система наблюдения, зафиксированные данные будут лучше защищены, чем в используемых в настоящее время приборах, и будут значительно достовернее.

Существуют ограничения и по шуму в зависимости от мощности двигателя. В соответствии с европейскими стандартами введено понятие «Green Lorry» (зеленый грузовик) и «Super green» (очень зеленый). Такие автомобили соответственно маркируются и подтверждаются сертификатом завода-изготовителя. Этим автотранспортным средствам предоставляется преимущество при выдаче разрешений на проезд по странам ЕС.

Единственным путем увеличения объемов перевозок в европейские страны при таких условиях является замена устаревших автопоездов на современные, отечественного и зарубежного производства.

В настоящее время в Республике Беларусь осуществляют международные перевозки грузов около 8500 автопоездов. Доля импортных автопоездов в общем парке составляет около 80,0%: МЕРСЕДЕС-БЕНЦ — 17,0%, ВОЛЬВО 14,0%, МАН — 10,0%, СКАНИЯ — 12,0%, ИВЕКО — 13,0% и другие — 14,0%. В основном импортные автотранспортные средства приобретаются со сроком эксплуатации не менее 4-5 лет, что увеличивает расходы по их содержанию и соответственно уменьшает доходы и конкурентоспособность перевозчика.

Доля автопоездов семейства МАЗ составляет 20,0%, но они используются, в основном, для доставки грузов в страны СНГ и Балтии. Отсутствие у белорусских перевозчиков оборотных средств для приобретения новых импортных автопоездов, а также благоприятные условия международного лизинга (7-10% годовых, срок лизинга 3-5 лет) вынуждали их для обновления подвижного состава использовать международный лизинг.

Сложившаяся ситуация не связана с ростом приобретения автотранспортных средств старше 7-ми лет, так как установлены ограничительные ставки ввозных таможенных пошлин на транспортные средства старше 3 лет, а является следствием перехода автотранспортных средств, входивших ранее в возрастную группу «от 3 до 7-ми лет». Удельный вес транспортных средств со сроком эксплуатации более 7-ми лет на конец 2002 г. составлял 59 процентов, а по итогам 2005 года

– 72 процента. Основная причина недостаточные темпы обновления парка новыми транспортными средствами. В 2005 году субъектами хозяйствования, имеющими допуск к процедуре МДП, приобретено всего 151 единица новых автотранспортных средств, из них около 75 отечественного производства.

Для парка седельных тягачей характерна такая же ситуация как и для парка в целом. Доля седельных тягачей в возрастной группе «7 лет и старше» возросла с 63% до 69%, при этом сократилась с 25% до 18% в группе «от 3 до 7-ми лет».

Если в Беларуси парк подвижного состава уменьшается, то в соседних государствах, напротив, растет. Правительство Российской Федерации 11 марта 2003г. приняло постановление №147, которым определены условия временного ввоза с полным освобождением от уплаты таможенных платежей в отношении новых транспортных средств.

Страны ЕС поддерживают экологические стандарты, как эффективную систему обеспечения общего снижения выбросов загрязняющих веществ транспортными средствами. Правило ЕЭК ООН №49, которое содержит ограничения по токсичности отработанных газов автомобилей, постоянно пересматривается в сторону ужесточения. С 1 января 2005 г. к выполнению международных перевозок допускаются автотранспортные средства, удовлетворяющие нормам Евро-4, а с 1 января 2008г. к ним будут допущены автотранспортные средства соответствующие требованиям Евро 5. В Беларуси только с 2004 года освоено серийное производство грузовых автомобилей стандарта Евро-3, а европейские производители уже с 2005 года приступили к серийному производству автомашин Евро-4. Способствовать массовому обновлению автопарка должны решения на правительственном уровне.

Для поездок в Европу нужна только новая, современная автотранспортная техника.

Однако следует отметить, что технический уровень новых автотранспортных средств, поставляемых отечественной автомобильной промышленностью потребителям, отстает от аналогичного уровня передовых стран на 10-15 лет. Это отставание наблюдается по всем основным показателям: экономичности, надежности, эргономичности, экологичности и

безопасности.

Отечественный автопоезд тяжелее импортного аналога в среднем на 1 тонну. Поэтому при ограничении полной массы автотранспортного средства, импортный автопоезд перевезет за одну поездку на 1 т груза больше, чем отечественный.

По затратам на 1 км пробега отечественный подвижной состав уступает импортному.

Для белорусских перевозчиков должны быть созданы условия, сопоставимые с теми, которые существуют в России, Украине, странах Балтии. Только в этом случае можно рассчитывать даже не на рост экспорта транспортных услуг, а на то, что мы удержим завоеванные позиции.

УДК 658.012.12:330.131.7

Управление хозяйственными рисками

Краснова И.И.

Белорусский национальный технический университет

Под экономическим риском понимается некая возможность возникновения убытка, измеряемого в денежном выражении.

С экономическим риском может сталкиваться любой субъект - отдельный человек, группа людей, производственно-хозяйственная единица - фирма, компания, банк, страховая компания, инвестиционная и т.д.

Независимо от причин возникновения экономического риска естественным является желание каждого субъекта уменьшить возможные потери, связанные с реализацией экономического риска. Именно поэтому возникает проблема управления риском, которая носит название «риск-менеджмент».

В широком смысле управление риском (риск-менеджмент) - есть искусство и наука об обеспечении условий успешного функционирования любой производственно-хозяйственной единицы в условиях риска.

Управление рисками (риск-менеджмент) на уровне фирмы - есть управление, направленное на снижение убытков, связанных с экономическими рисками.

Управление рисками может осуществляться на основе специально разработанных программ.

Разработка программы управления рисками на уровне фирмы должна обеспечить такое управление рисками, при котором основными элементами структуры и деятельности фирмы гарантируются высокая устойчивость и защищенность от внутренних и внешних экономических рисков.

Целью разработки любой программы управления рисками (ПУР) является обеспечение успешного функционирования фирмы в условиях риска. Эта цель может быть достигнута за счет решения следующих основных задач:

- выявления возможных экономических рисков;
- снижение финансовых потерь, связанных с экономическими рисками.

Существуют различные виды рисков и критерии, позволяющие их классифицировать.

Прежде всего, можно говорить о коммерческих рисках. Под коммерческим риском обычно понимается риск экономических потерь, связанных с реализацией коммерческой, производственно-хозяйственной деятельности. Критерий выделения данной группы рисков - первичная причина их возникновения (производственно-хозяйственная деятельность фирмы). В общей группе коммерческих рисков могут быть выделены две самостоятельные подгруппы:

1. Финансовые риски, связанные с проведением любых финансовых операций и обусловленные возможностью потерь или недополучения каких-либо денежных сумм.

2. Риски, связанные непосредственно с производственно-хозяйственной деятельностью фирмы.

Программа управления рисками на уровне фирмы должна учитывать, прежде всего, чистые экономические риски - те, по которым убыток можно измерить в денежном выражении.

К числу наиболее часто встречающихся конкретных методов управления рисками относят следующие методы:

- избегания рисков или отказа от них,
- принятия рисков на себя,
- предотвращения убытков,
- страхования,
- самострахования,
- передачи рисков иной, чем страхование.

Как показывает мировая практика, в последнее время при

выборе того или иного метода управления рисками менеджеры руководствуются концепцией приемлемого риска. Однако если риск не катастрофический, т.е. в общем приемлемый, при выборе конкретного метода управления им фирма должна руководствоваться принципом экономической целесообразности.

Метод избегания рисков или отказа от них (Risk Avoidance)

Целью и сутью использования метода управления крупными, возможно катастрофическими для фирмы рисками, является создание таких производственно-хозяйственных условий, при которых шанс возникновения подобных рисков заранее ликвидирован.

Метод принятия риска на себя (Risk Assumption)

Суть этого метода - покрытие убытков за счет собственных финансовых возможностей компании. Использование данного метода оправдано в тех случаях, если:

- частота наступления убытков невысока;
- величина потенциальных убытков невелика

Метод предотвращения убытков (Loss Prevention)

Суть этого метода управления рисками – проведение мероприятий, направленных на снижение вероятности их наступления.

Метод уменьшения размера убытков (Loss Reduction)

Суть этого метода - проведение мероприятий, направленных на снижение размера возможного убытка.

Применение данного метода оправдано в следующих случаях:

- большой размер возможного ущерба;
- вероятность реализации риска, т.е. вероятность наступления убытка, невелика.

Страхование (Insurance)

Это один из наиболее часто используемых методов управления рисками.

Суть этого метода управления - снижение участия самой фирмы в возмещении ущерба за счет передачи ею (фирмой-страхователем) страховой компании (страховщику) ответственности по несению риска.

Если вероятность реализации риска, т.е. появления ущерба, невысока, но размер возможного ущерба достаточно большой.

Независимо от однородности или неоднородности рисков, а также от количества рисков (массовые или единичные), использование страхования целесообразно.

Самострахование (Self-Insurance)

Суть рассматриваемого метода управления рисками - создание собственных страховых фондов, предназначенных для покрытия убытков, по типу фондов страховых и перестраховых компаний.

Самострахование как метод управления рисками позволяет:

- усилить систему стимулов для проведения превентивных мер;
- улучшить процедуру возмещения убытка;
- повысить прибыльность компании за счет инвестирования собранных страховых резервов внутри группы.

Метод передачи риска - иной, чем страхование (Risk transfer)

Кроме страхования существуют другие методы передачи риска, например хеджирование, аренда, заключение соглашений типа hold-harmless (безвредные для держателя) и т. п.

Выше мы проанализировали наиболее широко применяемые в мировой практике классификации методов управления рисками.

Несколько слов о возможности управления рисками фирмы на основе так называемых правительственных методов, которые реализуются через методы макро- и микроэкономического управления.

Целью макроэкономического управления (регулирование) рисками является снижение общих потерь государства, связанных с возможной реализацией рисков на уровне фирмы. Достижению этой цели способствует использование таких методов макроэкономического управления рисками, как законы, нормативные акты, предписания и т. п.

Целью микроэкономического управления (регулирование) рисками является снижение возможных убытков на уровне отдельной фирмы. Достижение этой цели способствует использование тех методов микроэкономического управления, которые решают эту задачу.

Все методы управления рисками условно можно разделить на две большие группы:

- дособытийные методы управления рисками, планируемые и осуществляемые заблаговременно и направленный на снижение вероятности наступления ущерба и уменьшение размера

возможного ущерба;

- послесобытийные методы управления, осуществляемые после наступления ущерба и направленные на снижение размера уже наступившего ущерба и ликвидацию его последствий.

УДК 656 (338)

Роль и значение экспорта автотранспортных услуг в экономике Республики Беларусь

Косовский А.А.

Белорусский национальный технический университет

По оценкам футурологов XXI век станет веком глобализации, активного формирования мировых хозяйственных связей и развития международной торговли. Необходимость активного включения Республики Беларусь в эти процессы продиктованы следующими основными моментами:

- республика не обладает значительными запасами природных ресурсов;

- продукция обрабатывающей промышленности, издержки производства которой существенно зависят от масштаба производства, из-за малой емкости внутреннего рынка должны иметь внешние рынки сбыта;

- существенным отставанием республики от развитых в экономическом отношении стран в технологическом плане.

Поэтому для развития экономики республики экспорт товаров и услуг имеет стратегическое значение. При этом внешнеэкономическая политика Республики Беларусь должна подчиняться принципу экономической целесообразности и быть научно-обоснованной.

В основе теории международных экономических отношений лежит принцип сравнительных преимуществ. В основе принципа сравнительных преимуществ лежит факт о неравномерном распределении экономических ресурсов по качеству и по количеству между государствами. При производстве отдельного товара какая-то страна обладает сравнительными преимуществами - более низкими вмененными издержками его производства по сравнению с другими странами. Производя товары, в сфере которых различные

государства имеют сравнительные преимущества, и последующем их обмене, взаимодействующие государства расширяют границу своих производственных возможностей и получают больший совокупный продукт. Из вышеприведенных рассуждений классиков экономической теории следует вывод о необходимости свободной торговли между странами.

Интеграция Республики Беларусь в мировую экономику должна быть управляемым процессом и отвечать долгосрочным стратегическим целям. Внешнеэкономическая политика Беларуси в сфере услуг должна быть направлена на обеспечение:

- наилучших условий доступа национальных услуг на мировые рынки;
- эффективного уровня защиты внутреннего рынка услуг;
- доступа к международным ресурсам, имеющим стратегическое значение для развития сферы услуг (таким как капитал и технологии, товар и услуги, национальное производство которых отсутствует или ограничено).

Главным инструментом реализации внешнеэкономической политики как Республики Беларусь, так и других государств, в сфере услуг является принцип взаимности в рамках общепринятых норм и правил международной торговли. При этом данный принцип государства стараются соблюдать в рамках оптимального баланса взаимных уступок и обязательств. Отечественные исследователи заключают, что наилучшие условия доступа товаров и услуг в Беларусь должны получить те страны, которые предоставляют республике сопоставимые по объему и экономическому эффекту условия для доступа на свои рынки. Однако, на сегодняшний день, разработка внешнеэкономической политики Республики Беларусь в сфере транспортных и транзитных услуг характеризуется отсутствием системных исследований в данной сфере. Системность при этом обеспечивается как рассмотрением экспорта данных услуг в качестве системы, так и исследованием данной системы методами различных наук.

В настоящее время невозможно представить экономическое исследование без применения методов теории систем и системного подхода. Для экономических систем в понятие система должны быть включены следующие положения:

- конечность множества элементов и связей между ними и их функциональность, так как мы можем исследовать лишь конечно-мерные системы;

- критериальный (целевой, функциональный) подход к выделению элементов системы из внешней по отношению к ней среде, так как система, как нечто целостное, имеет по отношению к внешней среде определенные интегрирующие функции, цели;

- интервал в рамках которого будет существовать система и ее цели, так как все объекты материального мира диалектически развиваются.

В наибольшей мере данные положения содержит понятие системы, данное В.Н. Сагатовским: «конечное множество функциональных элементов и отношений между ними, выделенное из среды в соответствии с определенной целью в рамках определенных временного интервала».

Теория систем является методологической основой системного подхода в науке, т.е. рассмотрении исследуемых объектов в качестве систем. На основе системного подхода получили свое развитие такие науки как логистика и экономическая кибернетика.

Под логистикой мы понимаем науку о планировании, организации, управлении и контроле за движением материального и связанных с ним информационного и финансового потоков в пространстве и во времени от первичного источника сырья до конечного потребителя. Метод логистики заключается в оптимизации параметров материального потока за счет улучшения и создания необходимых, качественно-новых параметров информационного потока (возможность получать полную, своевременную и качественную информацию в необходимом месте). Само понятие материального потока основывается на идее непрерывного оптимального управляющего воздействия. Уменьшение суммарных затрат на создание и движение материального потока к рынкам потребителей за счет увеличения затрат на создание качественно нового информационного потока стало возможным благодаря непрерывному уменьшению стоимости единицы передаваемой информации.

Если материальный поток пересекает границу государств, мы

естественным образом приходим к частному случаю логистики - транснациональной логистике. В транснациональной логистике управление материальным потоком является более сложным, так как в этом случае на процесс управления налагаются ограничения в виде законов, обычаев хозяйственной практики той страны, через которую проходит материальный поток.

Исследованием экономических систем на макро- и микроуровнях занимается и экономическая кибернетика. Идея экономической кибернетики заключается в применении понятий кибернетики, таких как управление, обратная связь, информация, регулятор и других к исследованию экономических явлений. Субстратом процессов управления является информация, преобразование и движение которой независимо от природы носителей информации подчиняется общим количественным закономерностям.

Отрасль, производящую экспорт транспортных и связанных с ними услуг можно рассматривать как динамическую экономическую систему. Экономический механизм данной системы должен рационально распределять экономические ресурсы между ее элементами. Рациональность распределения ресурсов должна отвечать определенным целям развития рассматриваемой системы. При этом информационную функцию управления в данной системе выполняют цены. Поэтому предмет исследования данной работы в отдельной своей части совпадает с предметом исследования экономической кибернетики.

Таким образом, применяемая нами методология исследования международных экономических отношений в сфере автомобильного транспорта представляет собой совокупность методов таких наук как теория международных экономических отношений, общая теория систем, логистика и экономическая кибернетика.

Методология организации налогового планирования на предприятии

Евтух Г.И., Тозик А.А.

Белорусский национальный технический университет

Организация налогового планирования должна строиться исходя из методических рекомендаций, разработанных для организации системы экономического планирования на предприятии, учитывая квинтэссенцию налоговых платежей и их значимость.

Постановка системы налогового планирования, как правило, начинается с определения стратегических целей и задач предприятия на современном этапе развития экономики. А уже затем, исходя из идеологии развития, формируется организационная структура налогового менеджмента, подбираются необходимые кадры, разрабатывается аппарат исследования, выделяются финансовые и материально-технические ресурсы, необходимые для достижения стратегических целей налогового планирования.

Собственники каждого конкретного предприятия должны самостоятельно определить тот уровень налоговых изъятий с произведенной добавленной стоимости, который, по их мнению, позволит успешно развиваться хозяйствующему субъекту.

После определения приемлемого уровня налоговой нагрузки на предприятие, возникает необходимость составления бюджета налогов. Адекватность отнесения запланированных налоговых данных в бюджет достигается при помощи использования аппарата финансового менеджмента, а также при наличии рационально структурированной циркуляции информационных потоков между участниками процесса бюджетирования и налоговыми плановиками. При построении организационной структуры налогового планирования необходимо исходить из двойственной ипостаси этого процесса. Организационная структура налогового планирования должна строиться, базируясь на двух принципах: являться неотъемлемой составляющей организационной структуры бюджетного процесса в рамках финансового планирования и использовать навыки, потенциал иных служб предприятия при планировании

мероприятий по оптимизации налогового портфеля. Подобным требованиям отвечает проектная организационная структура.

Проектная организационная структура — это временная структура, создаваемая для решения конкретной задачи. Смысл ее состоит в том, чтобы собрать в одну команду самых квалифицированных сотрудников предприятия для осуществления сложного проекта в установленные сроки с заданным уровнем качества.

Проектная структура организации налогового планирования позволяет в наиболее полной мере использовать потенциал самых квалифицированных специалистов в своей области деятельности при планировании, реализации и контроле мероприятий по налоговой оптимизации, не выходя вместе с тем за рамки процесса бюджетирования, функционирующего на основе линейно-функционального принципа организации управленческих взаимосвязей. Кроме того, проектная структура разрешает безболезненно для симметрии управленческих отношений вводить в состав группы по оптимизации налогового портфеля сторонних консультантов и ревизионную службу предприятия.

В процессе налогового планирования предлагается создание трех независимых налоговых групп, призванных выполнять три основных функции планирования: составление плана, реализация плана и контроль за реализацией плана.

Первая налоговая группа создается по поводу составления плана оптимизационных мероприятий. Группа состоит, во-первых, из специалистов, занятых формированием финансовой (бюджетной) части производственной программы, — экономистов ПЭО, бухгалтеров, финансистов, сотрудников налогового отдела, если такая служба существует, и, во-вторых, из юристов и сторонних консультантов.

В целях реализации плана мероприятий по оптимизации налогового портфеля собирается вторая группа специалистов, состоящая из сотрудников юридического отдела, бухгалтерской службы, коммерческого блока и отдела налогов.

Контроль и оценка эффективности мероприятий по оптимизации налогового портфеля осуществляется службой внутреннего аудита и планово-экономическим отделом совместно с ревизором Общества и сторонним консультантом

(Аудитором). Цель группы: обнаружить и обосновать причины расхождений в запланированных и фактических данных, основания невыполнения запланированных оптимизационных мероприятий.

Эффективность контроля и оценки мероприятий по оптимизации налогового портфеля, равно как и результатов реализации запланированных действий, зависит от наличия на предприятии рационально организованного документооборота налогового планирования.

На каждом предприятии должен быть составлен график документооборота, представляющий собой примерный перечень документации, применяемой в процессе планирования налоговых отчислений, должностные лица, ответственные за принятие того или иного документа.

Правильный выбор организационной структуры налогового планирования, организация документооборота между ее элементами только создают предпосылки для эффективной работы подразделений налогового планирования. Необходимо укомплектовать эти службы квалифицированными специалистами, правильно распределить между ними обязанности, наделить их необходимыми правами, создать приемлемые условия для работы.

В целях рационализации распределения задач, прав и ответственности между различными структурными звеньями предприятия при выполнении функций налогового планирования может стать полезной линейная карта распределения обязанностей (матричный метод). Матрица показывает, кто и в какой степени принимает участие в подготовке решения и работе по его выполнению. Она отражает объем и характер полномочий, реализуемых каждым должностным лицом при совместном участии в реализации функций налогового планирования, когда области полномочий и ответственности двух или нескольких лиц пересекаются. Матрица уточняет полномочия при распределении между ними общей работы.

Помимо создания адекватной сегодняшним экономическим реалиям структуры налогового планирования, определения полномочий и требований к участникам процесса планирования налоговых платежей, для успешной постановки деятельности по

планированию налогов необходимо наличие финансовых, материально-технических и интеллектуальных ресурсов, которые формируются при составлении ежегодного налогового плана.

Таким образом, налоговый план предприятия должен иметь следующие разделы:

- календарь налогоплательщика по каждому налогу;
- перечень мероприятий по оптимизации налоговых потоков, временные параметры реализации оптимизационных мероприятий, ответственные исполнители, ресурсы и инструментарий, необходимые для реализации указанных мероприятий;
- график налоговых выплат с учетом применения мероприятий по оптимизации налогового портфеля;
- график повышения квалификации специалистов налоговой сферы;
- иные вопросы.

Заключительным этапом постановки налогового планирования на предприятии является организация работы по формированию, ведению и хранению базы данных планово-экономической информации, внесению изменений в справочную и нормативную информацию, используемую при обработке налоговых данных. Данная работа состоит, во-первых, в сборе и обработке практического опыта по внедрению тех или иных мероприятий по налоговой оптимизации, формированию банка статей и научных работ по заданной тематике, во-вторых, в анализе с помощью средств вычислительной техники основных индикаторов налогового планирования и принятии на основе этого анализа заключений по формам и методам реформирования системы планирования налоговых отчислений; и, в-третьих, в обработке статистической налоговой информации с использованием прикладных программных продуктов, таких как: Microsoft Excel, Microsoft Access, FoxPro. Кроме того, для автоматизации процесса бюджетирования могут использоваться пакеты программ бизнес-планирования: MS Project 2000, Expert Project 5, Налоговый вестник, QuickTax HeadStart 1995, Small Business Tax Organizer, TimeLine 5.0 и другие.

Влияние стратегии ценообразования на финансовую устойчивость предприятия

Тозик А.А., Нехай Д.Н.

Белорусский национальный технический университет

За пятилетку автомобильным транспортом Республики Беларусь перевезено порядка 1,2 млрд. тонн грузов, организациями Министерства транспорта и коммуникаций – 248 млн. тонн, из них 56 млн. тонн – в 2005г., что выше, чем в 2004г. на 9% и на 29% к уровню 2000г. соответственно. С 2001г. по 2005г. от экспорта автотранспортных услуг в республику поступило более 1,1 млрд. долл. США.

Однако, если до 2003г. экспорт услуг ежегодно увеличивался на 20-30%, то в 2004-2005гг. – немногим более чем на 10%. Причин, вызвавших снижение темпов прироста экспорта автотранспортных услуг, две. Первая причина – следствие изменения условий осуществления международных перевозок в республике, прежде всего порядка ввоза и выпуска в свободное обращение транспортных средств. Отмена действия постановления Совета Министров Республики Беларусь от 29.09.1997г. №1280 и установление с марта 2003г. заградительных ставок таможенных пошлин на ввоз автомобилей со сроком эксплуатации более трех лет лишили национальных перевозчиков возможности приобретения конкурентоспособных транспортных средств. С 2003г. их количество уменьшилось на 40% (на 5516 единиц). Другая причина – просчеты автотранспортных предприятий (АТП) в выборе и реализации стратегий своего развития, в том числе и в сфере ценообразования.

Ценовая политика является важной составляющей общей финансовой политики организации, поскольку уровень цен на реализуемую продукцию напрямую влияет на прибыль. Ошибочно предположение, что у организации в сфере ценообразования отсутствует свобода выбора. Насколько разнообразно использует организация методы установления цены, соответствует ли цена сформированному образу предлагаемого товара или услуги и потребительским ожиданиям, а также насколько эффективно она применяется в

конкурентной борьбе – все это зависит не от государства, а от конкретного субъекта хозяйствования, принимающего управленческие решения в сфере ценообразования. Из-за стремления «выжить» в деятельности многих предприятий преобладают краткосрочные решения, принимаемые на основе интуиции. Долгосрочные же стратегические решения часто откладываются «на потом», которое может и не наступить. Пренебрегая стратегическим планированием и управлением, организация упускает возможность определять свое развитие.

В условиях рынка для успешного развития и достижения поставленных целей организации необходимо в рамках своей ценовой политики последовательно реализовывать ценовые стратегии, основанные на адекватных методах ценообразования, не выходя при этом за рамки нормативных требований и ограничений. Выбор конкретного метода установления цены определяется стратегией ценообразования, которой придерживается предприятие, а также типом рынка, на котором оно работает.

Рынок автотранспортных услуг представляет собой комбинацию совершенной и монополистической конкуренций. Сочетание данных видов конкуренции различается от направления, на котором работает АТП.

Международный рынок автотранспортных услуг характеризуется преобладанием признаков совершенной конкуренции. К ним можно отнести:

- 1) большое количество АТП, действующих на данном рынке;
- 2) практически одинаковые ставки на перевозках грузов для всех АТП. Ставки различаются по абсолютной величине только в зависимости от типа подвижного состава, маршрута перевозки и времени года, т.е. складываются под действием спроса и предложения;
- 3) отсутствие возможности одного или группы АТП влиять на уровень ставок на перевозки грузов.

Основным признаком монополистической конкуренции является возможность АТП влиять на количество заказов своего транспорта посредством оказания дополнительных услуг (таможенных, погрузочно-разгрузочных и др.).

Внутренний рынок автотранспортных услуг характеризуется

преобладанием монополистической конкуренции. Ее основными признаками являются:

1) относительно небольшое количество АТП, действующих на данном рынке (это связано с тем, что большая часть отечественных промышленных предприятий имеет собственный транспорт);

2) наличие возможности контролировать уровень тарифа;

3) ограниченность информации о рынке.

Основным признаком совершенной конкуренции является однородность оказываемых услуг.

Рассмотрим пример применения стратегий ценообразования ЗАО «Автокомбинат №3» (г. Минск).

Благоприятные условия работы для белорусских АТП на рынке международных автомобильных перевозок грузов сохранялись до вступления Польши, Литвы и Латвии в ЕС. АТП этих стран, получив ряд преимуществ (отсутствие границ, проблем с визами, ограничений на ввоз топлива и т.д.), стали резко снижать ставки на перевозки для расширения своей рыночной ниши. Ситуацию усугубило введение Германией с 01.01.2005г. дорожного сбора, который увеличил расходы отечественных предприятий в среднем на 150 Евро.

ЗАО «Автокомбинат №3» не стало вступать в ценовую борьбу с конкурентами. Руководством ЗАО «Автокомбинат №3» было принято решение об изменении стратегии деятельности организации. Было решено применить стратегию «поддержания и обеспечения платежеспособности организации» с использованием при определении ставок за перевозки грузов “метода ощущаемой ценности товара”. Для реализации данной стратегии предлагалось:

1) определить перспективные направления перевозок грузов;

2) сконцентрировать внимание на основных заказчиках транспорта (VIP-клиентах) на перспективных направлениях перевозок грузов;

3) перейти с разовых контрактов на долгосрочные контракты;

4) улучшить качество обслуживания клиентов;

5) увеличить оборачиваемость автопоездов.

Отделом маркетинга и экспедиции ЗАО «Автокомбинат №3»

было проведено изучение рынка международных автомобильных перевозок грузов и выделены в качестве перспективных направлений перевозок грузов перевозки из Республики Беларусь и России в Польшу, Германию, Данию, Нидерланды и Бельгию. Для определения VIP-клиентов на этих направлениях отделом была проведена сегментация клиентов, по срокам платежей, по возможности получения авансов, по объемам перевозок, по их роли в динамике доходов. После этого были выбраны группы VIP-клиентов, которые наиболее лучшим образом отвечают данным требованиям. Им была предоставлена возможность взаимодействия с организацией на эксклюзивных условиях.

На внутриреспубликанских перевозках грузов ЗАО «Автокомбинат №3» стало придерживаться таких стратегий ценообразования, как “максимизация прибыли при минимальном риске” и “стратегия следования за спросом”. При формировании тарифов использовался затратный метод ценообразования.

Результатом принятых решений стало:

1) сохранение и расширение позиций на рынке международных и внутриреспубликанских автомобильных перевозок грузов. Высокие по сравнению с конкурентами ставки на перевозки были восприняты потребителями данных услуг как сигнал “высокая цена – высокое качество”, а принятые мероприятия по повышению качества перевозок только способствовали этому;

2) повышение оборачиваемости подвижного состава. Осуществление перевозок для VIP-клиентов по оптимальным маршрутам позволило снизить время выполнения одного кругорейса с 20 до 18 дней и увеличить их количество;

3) увеличение доходов предприятия.

Таким образом, грамотно разработанная и реализованная стратегия деятельности организации может значительно улучшить его финансовое положение.

**Основные направления и приоритеты
инвестиционной политики железнодорожного транспорта
Республики Болгарии**

Даниела Тодорова

Высшее транспортное училище им. Т.Каблешкова

София, Р. Болгария , e-mail: daniela_dt@abv.bg

В современных условиях развития экономики Болгарии устойчиво функционирующий железнодорожный транспорт имеет важнейшее государственное значение.

Железнодорожный транспорт находится в прямой зависимости от развития экономики и протекающих структурных изменений в ней.

Железнодорожный транспорт является сектор экономики, который связанный с интенсивными капиталовложениями больших размеров. Достижение более высоких скоростей движения, большей производительности и безопасности транспортной системы требует увеличения финансовых расходов со стороны транспортных фирм.

Разумное использование инвестиций, их оптимальное вложение в самые перспективные направления развития и реконструкции материально-технической базы являются гарантией достижения хороших результатов.

Инвестиционная политика в сфере железнодорожного транспорта соответствует целям и задачам Европейского союза. Она направлена на создание единой континентальной транспортной системы.

В инвестиционной политике, проводимой Болгарскими железными дорогами, основными приоритетами являются:

- Ориентация инвестиций на трансевропейские коридоры;
- Обновления подвижного состава;
- Забота о технической исправности составов движения;
- Проведение мероприятий по обеспечению безопасности передвижения и повышению надежности путей сообщения;
- Развитие экологически безопасных транспортных систем и технологий в целях снижения вредного воздействия транспорта на окружающую среду и человеческое здоровье;

- Ремонт железнодорожных путей;
- Высокая скорость перевозок.
- Утверждением долгосрочного плана государственной политики по финансированию поддержки инфраструктуры и ее развитию.

В связи с присоединением Болгарии к Европейской системе транспорта требования направлены главным образом к: обеспечению конкурентности, более высокому качеству предлагаемых транспортных услуг. Осуществление инвестиционных проектов обеспечило бы развитие транспортной инфраструктуры вплоть до достижения европейского уровня, а также европейское качество транспортных услуг.

К сожалению, выполнение инвестиционной политики в сфере железнодорожного транспорта не обеспечивается необходимыми финансовыми средствами. Это является и один из основных негативных элементов и приводит к невыполнению ряда проектов и поставленных задач. В связи с этим требуется изменение проводимой инвестиционной политики. Она должна быть направлена на стимулирование инвестиционного процесса в качестве основной предпосылки для преодоления кризиса и экономического роста. Инвестиции представляют собой один из наиболее надёжных способов привлечения зарубежных капиталов.

Необходимы значительные инвестиционные средства как в целях улучшения параметров железнодорожных линий и безопасности перевозок, так и для обеспечения современного подвижного состава и технологий перевозок.

Интегрирование национальной транспортной системы в европейскую имеет большое значение для развития и совершенствования инвестиционной политики. Основными приоритетными направлениями улучшения состояния железнодорожной сети являются:

- Восстановление и поддержание проектных скоростей на сети железных дорог;
- Реконструкция и обновление железнодорожных линий, расположенных на трассах общеевропейских транспортных коридоров;

- Рационализация железнодорожной сети, которая выражается в ликвидации убыточных нерентабельных линий.

Таблица 1. Источники инвестиций капитала за период 2003 - 2006 гг., млн.лв.

Источники инвестиций	2003	2004	2005	2006
Госбюджет	38,5	118,5	76,5	82,5
Кредиты с государ, кредитной гарантией	0	0	42	57
Безвозм. помощь	13	8	52	79
Совместное финан-ие	0	1,5	12,5	26
Собственные средства	8,2	7	3	3
Концессии	0	8	18	18
итого	59,7	143	204	265,5



Большое значение для развития железнодорожного транспорта имеет хорошая инвестиционная политика. Если правильно запланировать инвестиции, если они обеспечены необходимыми финансовыми средствами и учтены подходящие сроки выкупа, то они приводят к положительным конечным результатам.

Для реализации этой политики разработано несколько

инвестиционных программ, включающих производство ремонтных работ по содержанию железнодорожного пути и его сооружений и создания новых активов. В них предусматривается строительство приоритетных объектов, расположенных на трассах общеевропейских транспортных коридоров, а целью является улучшение железнодорожной инфраструктуры.

Через территорию нашей страны пролегают пять из десяти общеевропейских транспортных коридоров:

- Дрезден - Стамбул (шоссейный, железнодорожный - коридор № 4);
- Рейн-Мейн-Дунай (речной коридор № 7);
- Дурас - Бургас - Варна (шоссейный, железнодорожный - коридор № 8);
- Хельсинки - Александруполис (шоссейный, железнодорожный - коридор № 9);
- Зальцбург - Салоники является основным коридором с веткой по направлению Ниш - София (Димитровград-Стамбул через коридор № 4) - шоссейный, железнодорожный - коридор № 10.

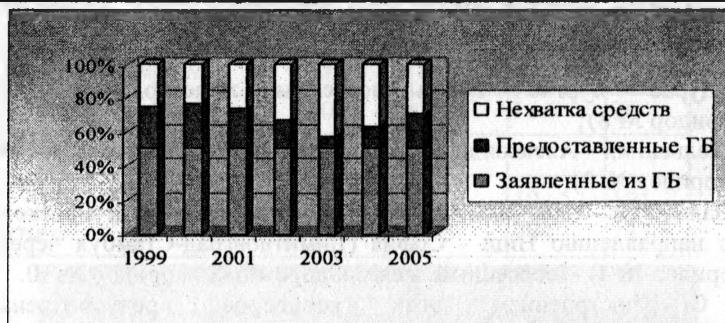
С построением этих коридоров предусмотрена дополнительная электрификация 350 км железных дорог и создание высокоскоростных участков (160-200 км/час).

Транспортные коридоры дают возможность Болгарии расширить свой рыночный удельный вес на транспорте. Их построение имеет особое значение для нашей страны, так как ей на льготных условиях будут предоставлены иностранные инвестиции, с помощью которых она сможет достроить свою транспортную инфраструктуру - железные и автомобильные дороги, аэропорты. Это привело бы к привлечению большего количества транзитных перевозок, которые особо эффективны в условиях рынка.

Условия работы железнодорожного транспорта предопределяют вложение инвестиций со стороны государства в инфраструктуру, так как наличие развитой на хорошем уровне инфраструктуры является определяющим фактором для членства в Европейском союзе.

Таблица 2. Финансовое обеспечение деятельности НК "Железнодорожная инфраструктура" в млн лв.

Суммы по годам	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Заявленные из ГБ	140,0	128,1	127,0	169,6	129,5	115,0	100,0
Предоставленные ГБ	69,1	67,5	60,0	56,0	18,3	30,0	41,3
Нехватка средств	70,9	60,6	67,1	113,6	111,2	85,0	58,7



В условиях рыночной экономики основной проблемой, стоящей перед железнодорожным транспортом, является повышение эффективности его работы на основе улучшения использования всех видов производственных ресурсов и, в первую очередь - подвижного состава. Тяжёлое положение с подвижным составом ведёт к постоянно увеличивающемуся объёму затрат на его содержание и обслуживание, поэтому решение вопроса об обновлении парка стало основным фактором повышения экономической эффективности работы железнодорожного предприятия.

Одной из мер, направленных на улучшение состояния подвижного состава, является поставка дизельных моторвагонных поездов типа «DESIRO», фирмы «Siemens», предназначенных для движения на неэлектрифицированных линиях при отсутствии альтернативного транспорта. Реализация этих перевозок имеет своей целью избежать частично ликвидации нерентабельных линий.

Болгарские железные дороги приобрели 25 дизельных

мотор-вагонных поездов. Эксплуатация новых дизельных мотор-вагонных поездов приведет к уменьшению расхода топлива на 10 раз. Результаты вычислений показывают, что только благодаря этим экономиям поезда будут оплачены за 10 лет. Мотор-вагонные поезда располагают 123 сидячими местами и будут двигаться по железным дорогам в качестве пассажирских поездов со скоростью 120 км/ч на участках, где это возможно.

Эта крупная инвестиция дает начало обеспечению железнодорожного транспорта современными подвижным составом и перевозочными технологиями, что приведет к повышению качества пассажирских перевозок.

Одним из важнейших факторов, влияющих на инвестиционный климат любой страны, является существующая система законодательства, определяющая национальный правовой режим инвестиционной деятельности и регламентирующая принципы и механизм взаимоотношений инвесторов с государственными органами, с одной стороны, а также с иными участниками экономических отношений и субъектами хозяйствования - с другой.

Согласно законодательным нормам, регулирование инвестиционной деятельности осуществляется в следующих формах:

- государственные инвестиционные программы (инвестирование государством средств в отрасли транспорта, промышленности, науки, образования и т.д.);

- прямое управление государственными инвестициями;

- введение системы налогов с дифференцированием налоговых ставок и льгот; для привлечения в экономику страны частных и иностранных инвестиций необходимо введение для них льготных ставок налогов и таможенных пошлин;

- предоставление финансовой помощи в виде дотаций, субсидий, субвенций, бюджетных ссуд на развитие отдельных отраслей, производств;

- проведение финансовой и кредитной политики, политики ценообразования, амортизационной политики;

- контроль за соблюдением государственных норм и стандартов, а также за соблюдением правил обязательной

сертификации;

- антимонопольные меры;
- экспертиза инвестиционных проектов.

В связи с присоединением Болгарии к Европейской системе транспорта требования направлены главным образом к: обеспечению конкурентности, эффективному законодательству, применению европейских стандартов, более высокому качеству предлагаемых транспортных услуг. Осуществление инвестиционных проектов обеспечило бы развитие транспортной инфраструктуры вплоть до достижения европейского уровня, а также европейское качество транспортных услуг.

УДК 338

Оценка платежеспособности и ликвидности транспортной фирмы

Емилия Вайсилова

Высшее транспортное училище им. Т.Каблешкова
София, Р. Болгария, e-mail: emvais@yahoo.com

В современных рыночных отношениях экономики очень важное значение для успешного развития транспортной фирмы имеет хороший менеджмент. Для того, чтобы управляющие могли принимать оптимальные решения для управления необходимо сделать финансово-бухгалтерский анализ. Этот анализ охватывает несколько основных моментов: структурный анализ; анализ состояния и анализ динамики. Оценка финансового состояния фирмы на данный момент делается на основании отдельных показателей. Эти показатели ориентированы на оценку финансового состояния с точки зрения принципов рыночной экономики. Они могут быть разными в зависимости от вида информации, которая сравнивается и оценивается при анализе. Через них характеризуется одна или другая сторона хозяйственной деятельности, имущественного или финансового состояния, финансового результата. Это показатели рентабельности, эффективности, рыночные оценка ликвидности.

В условиях рыночной экономики для достижение взаимного доверия между конкурентами все более актуальным встает вопрос о ликвидности и платежеспособности фирмы. Поэтому в данной разработке особое внимание уделяется именно этому вопросу.

Анализ ликвидности – это важное направление в финансово-бухгалтерском анализе. Ликвидность и платежеспособность транспортной фирмы одни из самых важных характеристик финансового состояние и стабильности. Оценкой этих двух показателей заинтересованы прежде всего кредиторы – банки, поставщики, персонал, государство и др.

Финансовое состояние каждого предприятие, в том числе и транспортной фирмы, можно оценить с точки зрения краткосрочной и долгосрочной перспективы. В первом случае критерием оценки финансового состояние используется ликвидность и текущая платежеспособность, т.е. возможность своевременно и в полном объеме осуществлять выплата по возникающим краткосрочным обязательствам. Во втором случае анализируется финансовая стабильность, так называемая долгосрочная платежеспособность.

Очень часто в практике понятие “ликвидность” и “платежеспособность” отождествляются. Но между ними есть существенная разница. Может быть бухгалтерский баланс одной транспортной фирмы показывает хорошую ликвидность, но она, по существу, в состоянии неплатежеспособности. Причина в том что установленная по данным баланса ликвидность показывает положение дел в статике. Она показывает насколько быстроликвидные активы фирмы, покрывают его краткосрочные долги к определенной дате. Существующие в наличии краткосрочные актива фирма к дате баланса могут быть достаточными для исполнения текущих обязательств, но независимо от этого фирма не может погасить свои обязательства спада.

Платежеспособность определяется на какой то период времени – неделя, месяц, год и т. д. Она индикатор того, насколько фирма состоянии выплачивать свой финансовые обязательства в необходимые сроки суммы. Чтобы определить платежеспособность одной транспортной фирмы необходима информация о денежных средствах в начале периода, нетный

(чистый) денежный поток за период, а так те размера и обезательства, которые необходимо выплатить в срок. Оценка платежеспособности связана с вычислением уровня платежеспособности (УП). Для этого используется следующая формула:

$$\text{УП} = \frac{\text{ДН} + \text{ЧДП}}{\text{ОПО}}, \text{ где}$$

ДН – деньги в начале срока;

ЧДП – чистый денежный поток в начале срока;

ОПО – обязательства подлежащие о плате.

Чтоба фирма была платежеспособной, этом коэффициент должен дать больше единица, в самом плохом случае, равен единица. Оценка платежеспособности может быть направлена за истекшии период, когда есть база отчетной информации, а так те и за будущий период, когда есть база прогнозирующей информации. Анализ и оценка платежеспособности фирма в будущий период осуществляется через краткосрочный (текущая платежеспособность) и долгосрочной (финансовая устойчивость) план. Прогнозируемый уровень платежеспособности вычисляется для финансового планирования фирма. Если прогнозируемый коэффициент платежеспособности меньше единица, то в данный период можно опшдать финансовый дефицит. Это должно направить усилия управляющих к поиску допылнительных финансовых источников для покрытие дефицита.

Реальная платежеспособность характеризуется следующими основными признаками:

- Имеется ли достаточное количество денежных средств. Чем больше их размер, тем платежеспособии транспортная фирма. Не всегда, однако, незначительные средства в кассе и на платежных счетах одначает, что фирма неплатежеспособна. В ближайнее время могут поступить достатъчные средства, а так те часть активов может быть превращена в денги.

- Выполняется ли договоренности оплатапоставщикам и получение средств от клиентов.

- Каков денежный баланс между полученным кредитованием от поставщиков и предоставлением клиентом.

Из всево выше скзанного можно сделать вывод: два понятия

“ликвидность” и “платежеспособность” не одно и то же. Так, например, показатели ликвидности могут показывать, что финансовое состояние хорошее, но это не так, потому что часть краткосрочных активов могут быть неликвидными или существуют просроченные выплаты.

Ликвидность показывает способность транспортной фирма покрывать текущие обязательства с помощью наличных краткосрочных ресурсов, даже если это не всегда получается в предвиденные сроки. Соотношение ликвидности, названное ещё коэффициентом ликвидности, даёт прямое или косвенное представление того, какова возможности фирма собрать достаточное количество денег за короткий период времени для того, чтобы покрыть текущие обязательства. По этой причине в литературе ликвидность называют “эффектом буфера”, потому что показывает текущую способность фирмы справиться с определёнными финансовыми трудностями, которые она терпит как должник. Ликвидность связана с финансовыми рисками, т.е. с вероятностью стать неплатежеспособной. Она устанавливается на основе данных бухгалтерского баланса через вычисления по следующим показателям:

Коэффициент общей ликвидности

Он показывает возможность фирмы покрыть к определённому моменту свои краткосрочные долги всеми кратковременными активами.

КОЛ = кратковременные активы краткосрочные пассивы

Считается, что минимальный коэффициент равен 2, т.е. фирма ликвидна, когда её кратковременные активы в 2 раза больше краткосрочных обязательств.

Коэффициент быстрой ликвидности

Этот показатель отражает соотношение между деньгами краткосрочными доходами и кратковременными финансовыми активами (КФА) с одной стороны и краткосрочными пассивами с другой стороны.

КБЛ = денежные средства + краткосрочные доходы + КФА краткосрочные пассивы

Общепринято этот показатель считать в пределах от 0,5 до 1,00. Это значит, что быстроликвидные активы должны быть

покрыты от 50% до 100% краткосрочными пассивами.

Причина столь резкого снижения коэффициента быстрой ликвидности в сравнении с коэффициентом общей ликвидности в том, что отстраняется влияние на материальные запасы, которые в сфере транспорта имеют значительную часть (горюче-смазочные материалы, автомобильная резина, резервные части и др.)

Эти два показателя имеют большую значимость и тяжесть при определении взаимоотношений между поставщиками и клиентами, между кредиторами и должниками.

Коэффициент немедленной ликвидности

Это показатель, который указывает возможности в менее короткий период, чем переходящие показатели, погасить фирме свои обязательства.

Вычисляется по формуле:

$$\text{КНЛ} = \frac{\text{денежные средства} + \text{КФА}}{\text{краткосрочные пассивы}}$$

Коэффициент абсолютной ликвидности

Этот коэффициент ещё называют кассовой ликвидностью и показывает до какой степени денежные средства фирмы к определенному моменту покрывают её краткосрочные обязательства.

$$\text{КАЛ} = \frac{\text{денежные средства}}{\text{краткосрочные пассивы}}$$

Транспортная фирма считается ликвидной, если этот коэффициент намного меньше единицы. Причина в том, что экономически неоправдано фирме поддерживать постоянные денежные средства, равные текущим обязательствам, потому что не все долги должны быть выплачены в одно и то же время. Коэффициент абсолютной ликвидности считается нормальным, если он приблизительно равен 0,3, т. е. фирма считается ликвидной, когда наличными деньгами можно покрыть 30% текущих обязательств.

Использование коэффициенты немедленной и абсолютной ликвидности может помочь при выяснении некоторых рискованных моментов, но не может поменять уже полученные результаты и

выводы переходящих двух показателей. Их влияние очень незначительное, т. к. они основываются на более ликвидных активах.

Определение минимального значения коэффициента ликвидности для конкретной транспортной фирмы, вопрос не из легких. Это обусловлено тем, что эти значения зависят от множества внешних и внутренних факторов. Вот некоторые более важные факторы:

- **Кредитный рейтинг.**

Если у фирмы высокий кредитный рейтинг, то это значит безпроблемное покрытие финансов обязательств при осуществлении текущей деятельности, используются банковские кредиты.

- **Рентабельность.**

Чем рентабельнее транспортная фирма, тем больший денежный поток поступает от осуществленной деятельности. Это дает возможность фирме поддерживать более низкую ликвидность не опасаясь стать неплатежеспособной.

- **Финансовая задолженность.**

Чем больше собственный капитал фирмы превышает её пассивы, тем меньше может быть поддержка ликвидности. При этом финансовый риск не увеличивается.

- **Уровень рыночного риска.**

Вероятность уменьшения объема продаж могло бы негативно отразиться на рентабельности и финансовом состоянии фирмы, т. е. бизнес риск порождает финансовый риск.

Вместе с внутренними факторами ликвидности влияние оказывают и некоторые внешние факторы, такие как:

- **Макроэкономическое состояние страны.**

К нему относится налоговая политика, кредитная политика банков, инфляция, процентные ставки. При стагнации фирмы вынуждены поддерживать более высокую ликвидность, поскольку увеличивается взаимная задолженность между ними, и на лицо трудная собираемость долгов. Обратное – при экономическом подъеме, фирмы поддерживают более низкую ликвидность, потому что доступ до финансовых рынков более легкий, низкая инфляция, низкие процентные ставки, хорошая собираемость задолженностей и т. д.

• Характер деятельности.

Для транспорта характерен не очень высокий оборот оборотного капитала. Это вынуждает фирма поддерживать более высокую ликвидность.

В заключение можно сказать, что анализ и оценка ликвидности не теоретический вымысел. Они продиктованы полностью прагматичными потребностями и предоставляют определенную пользу менеджерскому коллективу, их клиентам, кредиторам, поставщикам т. д. Анализ и оценка ликвидности и платежеспособности необходим менеджерам, которые взяли на себе задачу умело управлять фирмами в рыночных условиях.

УДК 656.1/25

**Система качества обучения и европейские перспективы
высшего транспортного образования
в Республике Болгария**

Детелин Василев

Высшее транспортное училище им. Т.Каблешкова
София, Р. Болгария, e-mail: dvasilev@vtu.bg

Высшее образование является индивидуальным и общественным благом, а потому – личной и общественной ответственностью. Оно не должно быть заботой только государства, но и отдельного индивидуума, а также общества в целом в лице различных его (в том числе частных) организаций и сообществ. Доступ к разным степеням и формам высшего образования на равных условиях – право каждого гражданина, но его приобретение зависит от личного потенциала и возможностей индивидуума. Любая национальная система высшего образования является общепризнанным механизмом урегулирования справедливых социальных отношений.

В современном обществе высшие учебные заведения участвуют на рынке образовательных услуг, так как основной результат их деятельности получает рыночную реализацию. В своей деятельности они считаются с рыночными механизмами, так как свободная конкуренция является основным двигателем их развития. Высшее образование, однако, остается сферой, где главенствуют академические ценности и нормы, на которых

строятся взаимоотношения между членами академического сообщества.

Определение проблемы управления качеством, как основной, отражает реальную действительность в нашей стране и вместе с тем перекликается с декларацией, принятой на конференции в Берлине (2003 г.), на которой качество высшего образования было определено как центральный вопрос – “находящийся в сердцевине” строительства европейского пространства в области высшего образования.

В последние годы не только в академическом сообществе, но и в политических кругах настойчиво ставилась проблема качества нашего высшего образования под давлением и со стороны бизнес элиты. О строительстве внутренних систем обеспечения качества в болгарских вузах пошла речь очень активно в последние годы, когда университеты в нашей стране начали развиваться в условиях рыночной среды, и соответствующие требования рынка труда стали касаться в полной мере и сферы высшего образования. Это обстоятельство привело к необходимости внесения поправок в Закон о высшем образовании, согласно которому вузы уже обязаны принять “систему оценки и поддержания качества обучения и академического состава, что включает в себя и анализ мнения студентов”.

Существует тесная связь между качеством и стандартами в области образования. Учет принципов институциональной автономии и плюрализма предусматривает ориентацию на разработку стандартов (по специальностям и программам) на выходе высшего образования, причем нельзя недооценивать значение стандартов на входе и в самом процессе обучения.

Воспринятое понимание качества и стандартов в области высшего образования:

а) утверждает автономию и ответственность каждого отдельно взятого вуза;

б) стимулирует инновации в высших учебных заведениях;

в) учитывает многосторонние интересы и ожидания в отношении высшего образования в условиях его массовизации;

г) действует в качестве механизма для повышения ответственности в отношении достигнутых результатов.

Согласно принципу институциональной автономии следует принять тот факт, что главную ответственность за обеспечение качества несет сам университет, что со своей стороны создает основу для реального учета и измеримости достигнутых отдельными его звеньями результатов.

В высшем транспортном училище разработана схема обеспечения качества обучения и академического состава. Основной целью любой системы качества является обеспечение саморегулирования всех процессов, связанных с обучением студентов и развитием академического состава. Успешно функционирующая система поддержания качества делает лишним вмешательство внешних институтов контроля в деятельность университета и вместе с тем гарантирует высокое качество учебного процесса. Все управленческие решения основываются на конкретных и достоверных данных, за которыми система качества следит постоянно. Эти данные, объединенные в форме индикаторов (показателей) касаются входа, процесса и выхода обучения. В системе качества акцент надо поставить на показатели на выходе, чтобы можно было установить реальные знания и умения студентов по окончании их образования. Такими данными, наблюдаемыми в качестве исходных, должны стать результаты стандартизированных тестов компетенций заканчивающих свое образование студентов и их сравнение с данными, полученными в других университетах, а также наблюдение за соотношением между уровнями выхода-входа. Важным представляется также наличие внешнего оценивания студентов, т.е. гарантированное присутствие преподавателей других университетов в составе комиссий при защите дипломных работ и при проведении государственных экзаменов. Главное место в системе занимает качество преподавания в университете.

Высшее транспортное училище принимает активное участие в процессах, развивающихся в европейском образовательном пространстве, стремясь сохранить многолетние традиции подготовки специалистов транспорта. Благоприятными предпосылками перспективности высшего транспортного образования в нашей стране являются не только ее географическое расположение, но и основные приоритеты

транспортной отрасли в процессе присоединения страны к Европейскому Союзу.

Через территорию нашей страны пролегают четыре шоссейно-железнодорожные коридоры из десяти общеевропейских транспортных коридоров:

- Транспортный коридор IV – Калафат (Румыния) – Видин – София – Кулата – Промахон (Греция) и София – Пловдив – Свиленград – граница с Турцией;
- Транспортный коридор VIII – граница с Македонией – Гюешево – София – Пловдив – Бургас/Варна;
- Транспортный коридор IX – Гюргево (Румыния) – Русе – Габрово – Димитровград;
- Транспортный коридор X – граница с Сербией и Черной горой – Калотина – София – Пловдив – Димитровград – граница с Турцией.

Общая длина железнодорожных транспортных коридоров на территории Болгарии составляет 1800 км или 42% всей железнодорожной сети страны (4300 км.) Включение национальной транспортной сети в европейскую сеть сообщений будет способствовать расширению инфраструктуры транспорта. К 2008 году (лишь через год после прогнозного срока присоединения Болгарии к ЕС) предусматривается достижение 50 000 км общей длины всей европейской железнодорожной сети.

Географическое расположение Болгарии дает большие преимущества для включения ее транспортной системы в транспортную систему Европы.

Этот факт имеет исключительно положительное значение, но он нас и обязывает, так как требует огромных инвестиций, в первую очередь, в улучшение и содержание существующей инфраструктуры и, в меньшей мере, в строительство нехватящих дорог.

Именно в целях реализации этих стратегических направлений, разработки конкретных целей, ключевых задач и мер по их выполнению необходимы молодые специалисты с оформленным мышлением, что касается современного управления, владеющие иностранными языками и обладающие компьютерной грамотностью.

В Высшем транспортном училище относительно неплохо сохранилось обучение для приобретения правоспособности, что по существу является обучением вне системы высшего образования. Это – так называемое “фирменное обучение”, которое очень популярно и хорошо развито почти во всех крупных европейских компаниях. К сожалению, в Болгарии крупные фирмы, за небольшим исключением, все еще не выделяют средств на обучение, квалификацию и переквалификацию своего персонала. Вообще, у нас форма постоянного обучения (обучения в течение всей жизни) сильно ограничена и отстала в организационном и методическом плане. Такая форма предусматривает подготовку принципиально новых и дорогих дидактических материалов и новых организационных мероприятий, каким является дистанционное обучение. Создание подобной организации требует от преподавателей серьезной подготовки, большого творчества и времени на реализацию. С другой стороны, организация такой формы в каждом высшем училище требует серьезных инвестиций, каких не хватает, и возвращение которых начнется спустя немало времени. Высшее транспортное училище, исторически связанное с болгарскими железными дорогами, имеет богатый опыт в проведении курсов последиplomной специализации и квалификации. После обеспечения финансирования со стороны международной программы проводились курсы, которые в настоящее время являются очень необходимыми в процессе перестройки системы железнодорожного транспорта. Нам совершенно ясно, что в течение следующих 8-10 лет и больше этот вид обучения в высших учебных заведениях будет занимать все более важное место, и в то же время все большее число фирм будет нуждаться в повышении квалификации своего персонала.

В заключение, можно заявить, что Высшее транспортное училище в качестве одного из ведущих университетов в системе высшего транспортного образования в Болгарии принимает активное участие в процессах реформ системы болгарского высшего образования и ставит в центр своих стратегических программ вопросы постоянного повышения качества обучения.

Основные аспекты влияния климатических условий на надежность и безопасность железнодорожных перевозок в Республике Болгария

Георгиев Н., Стоянов И.

Вышее транспортное училище им. Тодора Каблешкова
София, Болгария

Характерной особенностью последних несколько десятилетий является очевидное изменение климатических условий, как в глобальном, так и в региональном аспекте, которое оказывает влияние во всех областях человеческой деятельности, в том числе и на транспорте. На наших глазах случаются природные катаклизмы разного рода по всему миру. В том числе Республика Болгария в последние годы не раз подвергалась природным бедствиям /наводнениям, необыкновенно низким отрицательным температурам, интенсивному снегопаду и заносам/, которые стали своего рода проверкой умения людей и служб выполнять свои обязанности в исключительно тяжелых условиях. В этом смысле данная статья имеет целью проанализировать влияние атмосферных условий на надежное функционирование железнодорожной транспортной системы.

Даже для неспециалиста очевидно, что характерной особенностью последних несколько десятилетий является изменение климата планеты. Исследования и прогнозы в этой области показывают постоянный темп повышения температуры /глобальное потепление/ приблизительно на 0,2"...0,3 градуса по Цельсию за десятилетие.

Ожидается повышение уровня моря на 4...10 см за десятилетие. В региональном аспекте эти глобальные изменения климата находят яркое выражение в изменении распределения и интенсивности осадков /дождя, снега/, температурных аномалиях /необыкновенно высоких или необыкновенно низких температурах, характерных для данного региона, как летом, так и зимой/, повышении интенсивности /частоты/ и силы бурь и т.д. По всему миру все чаще проявляются характерные климатические явления, такие, как засухи, проливные дожди и интенсивные снегопады с последующим эффектом наводнений,

зарождение и передвижение широких высокотемпературных фронтов, создающих опасность пожаров и т.д.

Климатические аномалии не миновали и Болгарию. Так, например, зима 2005 года характеризовалась необыкновенно низкими для региона отрицательными температурами. Местами /в г. Севлиево, г. Видинз и т.д./ были измерены до 25 градусов ниже нуля по Цельсию. Из-за сильных снегопадов /и заносов/ транспортная инфраструктура, коммуникации, снабжение населения продуктами первой необходимости были парализованы на различные периоды времени. На смену зимних пришли летние климатические аномалии. Низкие летние температуры были “компенсированы” необычной интенсивностью летних гроз, которым сопутствовали проливные дожди. Многие регионы страны были затоплены. Был нанесен серьезный ущерб республиканской транспортной инфраструктуре /в основном, железнодорожной/ вследствие разлива рек и оползней. Пострадали тысячи людей, многие лишились крова. Эти события продемонстрировали огромную зависимость транспорта /в частности, железнодорожного/ от влияния климатических и атмосферных условий.

Основным моментом и характерной особенностью транспортной продукции является перемещение в пространстве /движение/ транспортных средств в целях перевозки пассажиров и грузов. Иногда это перемещение осуществляется на больших расстояниях, при чем транспортные средства следуют через разные регионы, обладающие специфическими особенностями /как инфраструктурного, так и климатического характера/. Железнодорожный транспорт в этом отношении не исключение. Движение на нем не осуществляется в “изолированной”, без влияния атмосферных условий, среде. Наоборот, движение производится в условиях, где такие метеорологические явления, как сильный ветер, слишком высокие или слишком низкие температуры, ливни, метели, интенсивные снегопады, туманы, наледь, заносы, сугробы и т.д., не редкость. Эти неблагоприятные с эксплуатационной точки зрения события /а также их результат/ приводят к усложнению эксплуатационной обстановки, а нередко и к происшествиям.

Случайный характер проявления и влияния этих явлений часто требует специфических действий по организации

движения, таких, как, например, оперативного изменения графика движения поездов"/ГДП/, отмены или назначения поездов, дополнительных действий по обеспечению железнодорожного движения и т.д. В других случаях, плохие метеорологические условия создают исключительно серьезные проблемы, связанные с реализацией определенных перевозок, например, с транспортировкой опасных грузов.

Атмосферные условия оказывают влияние на транспортный процесс в разных аспектах – прежде всего в отношении надежности и безопасности движения, экономической эффективности перевозки, технической эксплуатации инфраструктуры и подвижного состава и т.д.

Ливни, обильный снегопад или туман в большой степени препятствуют видимости сигналов и представляют собой серьезную предпосылку происшествий. Ливень может привести к тому, что отдельные участки дороги станут непроходимыми. Заносы же могут вызвать сход с рельсов подвижного состава. Слишком высокие летние температуры приводят к выбросу рельсового пути, а слишком низкие отрицательные – к нарушению прочности и устойчивости пути, а также и к образованию льда на контактных проводах. Ввиду больших своих размеров железнодорожный состав “чувствителен” к сильным боковым порывам ветра, особенно при больших скоростях движения. Приведенные примеры лишь незначительная часть возможных влияний климатических условий на надежность и безопасность движения железнодорожного транспорта.

Плохие атмосферные условия могут привести к серьезному опозданию /так же и к отмене/ поездов, факт, имеющий большое влияние на экономическую эффективность и на социальный имидж перевозочного процесса.

Надо признаться, однако, что имеющийся статистический материал об аварийности на железнодорожном транспорте не дает полной информации о происшествиях, случившихся в основном вследствие влияния плохих атмосферных условий. Несмотря на это, внимательный анализ происшествий такого характера дает возможность сделать следующую самую общую классификацию:

1. Ухудшение атмосферных условий, обусловившее

сложную эксплуатационную обстановку, но без технических отказов или человеческих ошибок. Например, густой туман, препятствующий видимости, вследствие чего движение осуществляется с низкой скоростью и при повышенном внимании эксплуатационного персонала. Описанная ситуация легко может перейти в аварийную при несоблюдении определенных эксплуатационных и нормативных инструкций и предписаний;

2. Ухудшение атмосферных условий, вследствие чего допущена человеческая ошибка, оказавшая негативное влияние на безопасность движения. Эта ситуация является, так сказать, “продолжением” предыдущей, превращая ее в аварийную. Произошло железнодорожное происшествие субъективного характера, но основной его причиной все-таки являются плохие метеорологические условия;

3. Ухудшение атмосферных условий, вследствие чего произошел технический отказ подвижного состава или повреждение какого-либо элемента инфраструктуры – железной дороги, контактной сети и т.д. Произошло железнодорожное происшествие технического характера, но основной его причиной являются плохие атмосферные условия;

4. Ухудшение атмосферных условий, оказывающее отрицательное воздействие на прочие, внешние для железнодорожной системы, субъекты. Например, вследствие гололеда водитель автотранспортного средства не в состоянии остановить его на переезде при закрытом шлагбауме, в результате чего происходит столкновение с движущимся поездом.

Так как риск, связанный с каким бы то ни было происшествием, является комбинацией вероятных причин и характерных последствий его реализации, то и здесь /для случаев атмосферного влияния/ можно сделать следующую общую классификацию:

Причины:

- высокие положительные /отрицательные температуры;
- интенсивный снегопад;
- проливной дождь;
- образование льда на рельсах и контактных проводах, гололед;
- густой туман;

- сильный ветер;
- другие атмосферные влияния.

Последствия:

- ухудшение видимости сигналов и/или необходимость пристального внимания к состоянию подвижного состава и железнодорожной инфраструктуры. Например, в случаях интенсивного снегопада, проливного дождя или густого тумана машинисты должны уменьшить скорость, чтобы обеспечить видимость сигналов или даже остановить состав при возникшей опасной для движения ситуации на пути, например, при вызванном ливнем оползне;
- повреждение подвижного состава, например, повреждение пантографа электровоза вследствие сильного ветра;
- повреждение железнодорожной инфраструктуры – оползни, наводнения железной дороги /колеи, стрелки/, повреждение аппаратуры железнодорожной автоматики и телемеханики и др.;
- иные последствия – уменьшение видимости (вследствие густого тумана или других причин) на переездах к выход автотранспортных средств на железнодорожный путь, в результате чего происходит столкновение с движущимся поездом.

Анализ статистического материала в отношении безопасности на железнодорожном транспорте Республики Болгария за период 1996 – 2005 г.г. показывает, что для движения влияние атмосферных условий является опасностью самой высокой степени /из-за вероятности реализации тяжелого и среднего происшествя/ по сравнению с остальными причинами происшествий. Происшествия на железнодорожном транспорте по причине атмосферных условий случаются в основном в зимние месяцы, которые характеризуются довольно низкими температурами, метелями, интенсивными снегопадами и заносами, сильными ветрами, туманами и т.д. Хотя и в более низкой степени, увеличение числа происшествий наблюдается также и в летние месяцы, отличающиеся высокими температурами, грозами, которым сопутствуют проливные дожди т.д. Из всего сказанного можно сделать вывод, что для Республики Болгария атмосферные условия являются основным фактором, оказывающим влияние на надежность железнодорожных перевозок.

Основной целью данной статьи является дискуссия и анализ влияния атмосферных условий на надежную работу железнодорожной транспортной системы. Нельзя утверждать, что в сфере технической эксплуатации железнодорожного транспорта недооценивается эта важная проблема. Нужно, однако, отметить, что в этом отношении необходимо провести серьезные исследования и принять соответствующие меры. На основе статистического материала о случившихся на железнодорожном транспорте происшествиях, а также научных исследований и накопленного эксплуатационного опыта можно сделать следующие заключения и рекомендации:

-необходимо развивать “понимание” и повышать “профессиональную культуру” руководящего и исполнительского состава по проблемам, связанным с влиянием атмосферных условий на надежную работу железнодорожной инфраструктуры и железнодорожных операторов /перевозчиков/.

-необходимо провести обобщенный анализ данных о глобальных и региональных изменениях климата и, в частности, тех, которые могут продемонстрировать лучше всего влияние атмосферных условий на надежность и эффективность перевозок;

-при исследовании надежности железнодорожных перевозок на основании адаптированных аналитических методов нужно провести идентификацию и оценку потенциально возможных причин, приводящих к железнодорожным происшествиям вследствие ухудшения атмосферных условий /сценарии реализации и последствия реализации/;

-необходимо провести идентификацию “самых чувствительных” на влияние атмосферных условий элементов инфраструктуры, перевозочных операций, а также принять меры снижения “уязвимости” транспортного процесса в целом /или отдельных его элементов/ в отношении влияния, как глобальных изменений климата, так и моментных опасных изменений атмосферных условий.

**Строительство
и эксплуатация дорог
и проблемы
метрополитена**

**Учет инновационной деятельности современного инженера
при организации учебного процесса**

Леонович И.И.

Белорусский национальный технический университет

Инновация в широком смысле слова касается всех, кто трудится в промышленности, сельском хозяйстве, сфере образования, здравоохранения, науки и других отраслей экономики и культуры. Особая роль при этом принадлежит инженерно-техническим работникам, деятельность которых пронизывает практически все аспекты материального мира [1].

К деятельности современного инженера предъявляются высокие требования. Он должен в совершенстве знать объект своего повседневного труда, уметь анализировать закономерности и тенденции развития, быть способным пользоваться информацией на мировом уровне, учитывать интересы общества и необходимость бережного отношения к природе с учетом глобальных природных явлений и антропогенной деятельности людей.

Эти требования относятся и к ученым, магистрам, инженерам дорожной отрасли [2, 3]. В настоящее время дорожная отрасль является весьма разветвленной. Она объединяет дорожно-строительные тресты, облавтодоры, дорожно-эксплуатационные управления, предприятия дорожной индустрии, облдорстрои, проектные, научные, сервисные и другие организации.

Развитие дорожной сети и обеспечение требуемых транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог и мостов проблема государственной важности. Успешное ее решение требует не только значительных финансовых и материальных затрат, но и постоянного поиска решений, которые бы обеспечивали прогресс в технике, технологии и организации работ. Положительным результатом поиска являются инновации. В системе департамента «Белавтодор», в Облдорстроях республики и некоторых акционерных дорожных организациях Беларуси инновационная деятельность базируется на интеграции науки и производства. Комплексные планы развития дорожной отрасли предусматривают участие в инновационной деятельности не только инженерно-технических работников, но и специалистов проектных организаций, ученых вузов и научно-

исследовательских институтов. Реализация этих планов уже позволила разработать и применять на практике системы автоматического проектирования дорожных сооружений, получить новые композиционные дорожно-строительные материалы, обеспечить научно-обоснованное диагностирование автомобильных дорог, внедрить новые технологии содержания и ремонта дорог, освоить методы регенерации асфальтобетонных покрытий, ввести в действие станции контроля весовых и габаритных параметров транспортных средств, состояния природной среды и режимов движения транспортных потоков, решить многие задачи по проектированию дорог и транспортных объектов. Процесс инновации в дорожной отрасли находится в постоянном развитии. На основе широко развернутой стандартизации всех сфер деятельности, несомненно, будут получены новые теоретические и практические результаты. Как постановка новых целей и задач, так и их осуществление зависит, в первую очередь, от инженерных кадров.

На современном этапе развития отраслей проблема формирования кадрового потенциала занимает центральное место. Для ее решения необходимы соответствующие экономические условия, активная научно-педагогическая деятельность вузовских коллективов. Многие ведущие ученые связывают качество подготовки инженеров с уровнем организации учебного процесса в высшей школе и, в первую очередь, с широким внедрением в учебный процесс инновационных технологий.

На всех этапах обучения, по всем учебным дисциплинам требуется полная, достоверная и удобная для восприятия информация о новшествах в экономике, технике и технологии. Обеспечение такой информацией учебного процесса является первостепенной задачей высших учебных заведений [4]. По нашему мнению, стратегия информационного обеспечения учебного процесса концептуально может быть сформулирована следующим образом.

Основы учебной информации должны составлять учебники и учебные пособия, которые полностью охватывали бы программу дисциплины и были написаны на современном научном уровне. Периодичность их издания может быть дифференцирована в зависимости от динамики роста и изменения учебной информации. Для естественнонаучных дисциплин этот срок

может быть 8-10 лет, для конструкторско-технологических – 4-6 и информационно-экономических – 3-4 года. Тираж издания целесообразно определять исходя из расчета одна книга на трех студентов стационарного, вечернего и заочного отделения. На необходимость подготовки полноценных учебников и учебных пособий кафедрам и факультетам надо обращать первостепенное внимание. Немаловажную роль в учебном процессе играет монографическая научная литература. Кроме учебников и учебных пособий для студентов необходимо иметь и другие издания справочно-методического характера. Перечень необходимой литературы по каждой учебной дисциплине правомерно рассматривать и утверждать одновременно с учебными планами. Содержание учебных изданий должно полностью соответствовать утвержденным программам. Решая проблему обеспеченности студентов необходимой информацией на бумажных носителях можно встретиться с трудностями обвального объема издательской деятельности. Особенно, если учесть, что в настоящее время учебными планами предусмотрено до 50-60 различных учебных дисциплин, что планы по ряду причин меняются очень часто, а тиражи издаваемых учебных книг, как правило, небольшие и не обеспечивают необходимой экономической эффективности соответствующих издательств. Какой выход может быть оправданным в этой ситуации?

Мировой опыт и практика ведущих кафедр БНТУ свидетельствует, что главным направлением информационного обеспечения учебного процесса на современном этапе является расширенное использование электронных изданий [5]. Они должны отражать теоретическую суть учебных дисциплин с широким использованием интерактивных методов представления информации. Наряду с текстовой информацией в электронных изданиях могут быть в нужном объеме представлены звуковые и кино-информации, процессы построения моделей и сложных технических систем. Оригиналы электронных версий учебных книг и методических пособий целесообразно хранить в научной библиотеке и создать условия для возможности их тиражирования и распространения на условиях самокупаемости. Рынок местных и общих информационных услуг необходимо всемерно развивать. Уже сейчас каждый студент должен иметь возможность получить электронную версию учебного плана по избран-

ной специальности, программы по изучаемым предметам, методические указания по выполнению расчетно-графических работ, списки рекомендуемых книг, письменные консультации и некоторые другие сведения информационно-дидактического плана.

Важную роль в информационном обеспечении студентов играет Интернет. В перспективе возможности использования глобальной информации, несомненно, будут расширены. Создание в Интернете специальных сайтов по транспортно-эксплуатационному состоянию сети автомобильных дорог Беларуси позволит решать многие вопросы диагностики транспортных объектов в реальном времени.

В БНТУ уже заложены основы редактирования, рассмотрения и утверждения электронных изданий с выдачей соответствующих гриффов университетского значения. Назрела необходимость централизации управления электронно-издательской деятельности в республиканском масштабе и решение вопросов о выдаче гриффов Министерства образования Республики Беларусь. Все это является важным шагом на пути развития инновационного учебного процесса в высшей школе.

Кафедра «строительство и эксплуатация дорог» при организации учебного процесса по всем 31 закрепленным за кафедрой учебным дисциплинам, максимально учитывает состояние и тенденции инновационной деятельности ведущих инженеров отрасли, а достигаемые ими инновации внедряет в практику учебно-воспитательной, методической и научно-организационной работы. При анализе структуры специальностей и специализаций было признано целесообразным, изменить название специальности Т 19 03 00 «Строительство дорог и транспортных объектов». Сейчас она называется J-70 03 01 «Автомобильные дороги», а в ее составе имеется 5 специализаций: «Строительство дорог и аэродромов», «Дорожное благоустройство», «Производственные предприятия и базы дорожной отрасли», «Безопасность дорог», «Организация и управление дорожных хозяйством». Такое решение обусловлено развитием науки и отражает особенности функций, которые приходится выполнять инженерам-дорожникам, окончившим вузы.

Организационной основой учебного процесса по соответствующим специальностям являются стандарты. При его разработке необходимо учитывать не только текущее состояние от-

расли, но и прогнозы развития. Разработка таких прогнозов дело не простое, но их надо решать, используя имеющиеся в этом отношении концептуальные подходы [6].

Учебные планы, как правило, носят комплексный характер и содержат дисциплины, обеспечивающие социально-экономическую, гуманитарную, естественнонаучную и профессиональную подготовку. Важно, чтобы они были научно обоснованы и не являлись отражением определенных корпоративных устремлений.

Регулярное обновление учебных планов и программ позволяет включать в их содержание все новейшие достижения науки и практики. Оптимальные соотношения по каждой научной дисциплине лекционных, практических, семинарных и лабораторных работ, а также самостоятельной работы, позволяет формировать необходимые знания, развивать умения и навыки по избранной специальности.

В целом широкопрофильная подготовка специалистов, которая у нас реализуется, позволяет инженеру ориентироваться не только по узкому кругу вопросов, но и в смежных областях знаний. Специализация не в коей мере не снижает широкопрофильность подготовки, а является лишь методом ориентации для начального этапа самостоятельной работы выпускника.

Второе важное направление инновационной педагогической деятельности – это подготовка и издание учебников и учебных пособий, в которых дана современная интерпретация техники, технологии и организации производственных процессов. За последние годы нами подготовлен ряд таких учебных и методических изданий, они широко используются в учебном процессе по специальности «автомобильные дороги».

Проводимые на кафедре научные исследования решают триединую задачу – обеспечивают инновационный процесс в дорожной отрасли, создают инновационный учебно-воспитательный климат, способствуют росту научного потенциала кафедры. Результаты или отдельные фрагменты исследований по решению кафедры включаются в программы и внедряются в соответствующие виды занятий, это относится и к исследованиям, которые проведены соискателями и аспирантами.

Воспитание инженера с глубокими профессиональными знаниями, развитым мышлением, умением формулировать перспек-

тивные задачи и успешно их решать, опираясь на опыт и чувства предвиденья, можно в том случае, если на инженерные специальности будут поступать абитуриенты со склонностями к инженерной деятельности, а в высшем учебном заведении будет создана необходимая инновационная среда. Такую инновационную среду мы стремимся создавать путем активной научной деятельности профессорско-преподавательского состава, вовлечения студентов в научную работу, выдачи курсовых и дипломных проектов с элементами исследовательского характера, организации производственного обучения на передовых предприятиях нашей республики. Развитию творческих качеств у студентов способствует также их участие в научных конференциях, смотрах и конкурсах, поиск необходимой учебной и научной информации в научной библиотеке БНТУ и в системе Интернет.

Возможностей для повышения качества подготавливаемых у нас специалистов множество. Большинство студентов желают не формально выполнять учебные поручения и домашние задания, а с учетом своих способностей творчески работать над проблемными вопросами и при этом получать удовлетворение от новых для себя открытий. Задача педагогического персонала найти подход к каждому студенту и раскрыть в нем стремление к поиску неординарных решений при достижении поставленной перед ним цели. В этом и будет заключаться инновация, которая в высшей школе имеет перманентный характер.

Литература

1. Леонович, И.И., Иванова, С.Н. Современные проблемы подготовки инженерных кадров в высшей школе // Информатизация образовательных процессов: автоматизация управления, технологии, дистанционное обучение: Сб. научных статей в 2-х ч. (По итогам работы МНПК, Минск, 19-20 апреля 2001 года). Мн.: 2001 – С. 75-84.
2. Леонович, И.И. Учет интересов дорожной отрасли в организации и развитии последипломного образования // Современные технологии последипломного образования: проблемы и перспективы: Материалы Республиканской научно-методической конференции (Минск, 25-26 марта 2004 года). – Мн.: УП «Технопринт», 2004. – С. 57-59.
3. Леонович, И.И. Пути совершенствования подготовки инженеров-дорожников по вопросам безопасности движе-

ния // Дороги Беларуси. Безопасность движения: Сб. трудов IV Республиканского совещания дорожников Беларуси. – Мн.: РУП «БелодорНИИ». – С. 89-99.

4. Леонович, И.И., Мушинская, О.Б., Прыгункова, Е.А. Электронный учебник: особенности разработки и проблемы внедрения в учебный процесс // Современные технологии образования - фундамент будущего: материалы докладов Международной научно-практической конференции. - Мн.: УП «Технопринт», 2002. - С. 221-225.

5. Основные направления развития информационных технологий в БНТУ /Ю.Я. Болдырев, А.И. Боровков, В.А. Кочуров и др. Под ред. И.П. Филонова. - Мн.: БНТУ, 2003. – 67 с.

6. Леонович, И.И. Прогнозирование научно-технического прогресса и учет его при подготовке инженерных и научных кадров. В кн. // Наука и образование на кануне III тысячелетия. Тезисы докладов Международного конгресса. 3-6 октября 2000 года. – Мн. 2000. - Кн. 1. – С. 227-228.

УДК 657

Вопросы управления интеллектуальной собственностью при подготовке специалистов

Бортницкая М.Г.

Белорусский национальный технический университет

Внедрение инновационных процессов требует повышенного внимания к вопросам управления интеллектуальной собственностью. Важно не только создать что-то новое, но не менее важно внедрить новшество в производство, защитить свои права на данную разработку, добиться максимально высокого экономического эффекта от ее использования. Введение в учебные планы высших и средних специальных учебных заведений дисциплины «Основы управления интеллектуальной собственностью» позволяет подготовить будущих специалистов к решению вопросов, связанных с защитой и введением в хозяйственный оборот объектов интеллектуальной собственности.

В основе развития экономики нашей страны лежит эффективное использование ее научно-технического потенциала, вне-

дрение в хозяйственный оборот объектов интеллектуальной собственности (ОИС).

В соответствии с Государственной программой защиты интеллектуальной собственности в Республике Беларусь и Концепцией инновационной политики Республики Беларусь на 2003-2007 гг. (утверждены постановлениями Совета Министров Республики Беларусь от 12.07.2004 г. № 843 и 31.07.2003 г. № 1016 соответственно), а также Планом мероприятий по совершенствованию инновационной системы Республики Беларусь начиная с 2006/2007 учебного года в высших и средних специальных учебных заведениях предусмотрено изучение дисциплины «Основы управления интеллектуальной собственностью».

Изучение этой дисциплины призвано ознакомить студентов с законодательством Республики Беларусь в области охраны объектов промышленной собственности; правилами составления и подачи заявок на различные объекты промышленной собственности (изобретения, полезные модели, промышленные образцы, товарные знаки, знаки обслуживания, топологии интегральных микросхем); правилами заключения и регистрации лицензионных договоров; правилами введения объектов интеллектуальной собственности в гражданский оборот и т.д. Изучение вопросов выявления объектов интеллектуальной собственности, выбора оптимальной формы их правовой охраны позволит в дальнейшем обеспечить наиболее эффективное их использование в хозяйственной деятельности предприятий.

К основным задачам дисциплины можно отнести изучение основ законодательства в сфере интеллектуальной собственности, в первую очередь Республики Беларусь, а также ближайших соседей, с которыми у предприятия нашей республики налажено тесное сотрудничество. Немаловажным аспектом правового обеспечения является международное сотрудничество Республики Беларусь в области защиты интеллектуальной собственности – это Парижская конвенция, Договор о патентной кооперации (РСТ), Мадридское соглашение о международной регистрации знаков, а также многосторонние договоры в рамках ВОИС, в рамках СНГ, двусторонние межправительственные и межведомственные договоры в области охраны интеллектуальной собственности.

В ходе теоретической и практической подготовки студент должен изучить такие вопросы управления интеллектуальной собственностью, как порядок оформления прав, способы введения в гражданский оборот, основы экономики интеллектуальной собственности, способы и порядок передачи прав на ОИС.

Передача прав на объекты промышленной собственности, как правило, закрепляется в лицензионных договорах. Лицензионным договором могут передаваться права и на ноу-хау. При этом проводится проверка действительности передаваемых патентов, наличие ноу-хау, оценивается стоимость объектов, оговариваются условия их использования. Лицензионные договора подлежат обязательной регистрации в патентном органе.

В Республике Беларусь патентным органом, обеспечивающим охрану прав на объекты интеллектуальной собственности, является Национальный центр интеллектуальной собственности, подчиняющийся Государственному комитету по науке и технологиям Республики Беларусь.

Знание видов ответственности за нарушение прав патентообладателей ОИС и способов защиты этих прав поможет будущим специалистам повысит эффективность использования результатов научно-технического творчества.

Способность к творчеству и изобретательству всегда отличала человечество в процессе эволюции от всех других живых существ. Способность практически использовать свои творческие возможности была и остается важнейшим фактором существования человеческого общества. По существу, выживание отдельного предприятия, организации и даже целого народа зависит от способности держаться на уровне мирового развития и прогресса.

Опыт показывает, что национальный творческий потенциал может сделать значительный вклад в инновационный процесс, но только в том случае, если он опирается на юридически надежную охрану изобретателей, рационализаторов и всех тех, кто вкладывает свои капиталы разработку и внедрение инноваций. Таким образом, система охраны промышленной собственности является одним из основных инструментов, которые способствуют развитию изобретательства.

Стимулирование изобретательской и рационализаторской деятельности на предприятии – одна из важнейших функций

современного руководителя. Если раньше считалось, что изобретения возникают непредсказуемо, что они обязаны своим появлением талантливому индивидуальному изобретателю, который изобретает что-то в порыве вдохновения, то сегодня становится все более и более очевидным, что создание и внедрение изобретений может организовываться и стимулироваться. В соответствии с Положением о порядке и условиях государственного стимулирования и использования объектов промышленной собственности (утверждено постановлением Совета Министров Республики Беларусь 06.03.1998 № 368) предусмотрено вознаграждение авторам (соавторам) за создание, использование объектов промышленной собственности, а также вознаграждение лицам, содействующим созданию и использованию объектов промышленной собственности.

В целом можно считать, что включение в учебный план дисциплины «Основы управления интеллектуальной собственностью» является важным этапом на пути совершенствования профессиональной подготовки специалистов с высшим и средним специальным образованием.

Полученные знания, умения и навыки будут способствовать развитию изобретательской и рационализаторской деятельности, более эффективного использования научно-технического и организационного потенциала нашей страны.

УДК 625.7

Стратегия управления качеством автомобильных дорог

Кашевская Е.В.

Белорусско-Российский университет (г. Могилев)

Введение. Динамичное развитие современного общества сформировало новый взгляд на проблемы качества. Ориентация на научно-технический прогресс сменилась концепцией устойчивого развития общества. В качестве цели мирового развития определяется качество жизни человека. Огромное социально-экономическое значение дорожно-транспортного комплекса для обеспечения высокого уровня качества жизни людей является очевидным.

Поэтому актуально определить стратегию управления качеством автомобильных дорог.

Современная философия управления качеством. Понятие «качество автомобильной дороги» не является однозначным.

Как философская категория – это отражение наиболее комплексной оценки предмета с учетом множества элементарных и сложных свойств с учетом их иерархии и взаимного переплетения [1]. С экономической точки зрения уровень качества должен быть обоснованным, так как наивысшее качество может стоить бесконечно дорого и не окупится сокращением эксплуатационных затрат [2]. Качество как техническая категория является приоритетным свойством при всех инженерных разработках. Принято использовать различные критерии качества автомобильных дорог: прочность конструкции дорожной одежды, ровность дорожного покрытия, инженерное обустройство, технические параметры всех дорожных сооружений и их состояние в целом [3]. Сложность определения «качества автомобильной дороги» заключается еще и в том, что к дорогам различных типов и назначений предъявляются различные требования по качеству. Даже одна и та же дорога в разное время года или различные периоды эксплуатации имеет существенные различия в качественных характеристиках. Качество как психологическая категория должно быть связано с правильным формированием взглядов производителя и потребителя на проблему качества [4].

Для целенаправленного повышения качества необходимо управление этим процессом на основе системного подхода.

Стратегия управления качеством автомобильных дорог. Современная система оценки качества автомобильных дорог представляет собой высоко развитую систему контроля качества, результаты оценки которой используются при планировании работ, при управлении дорожным движением, при определении инвестиционной политики в дорожной отрасли. Но данная система не позволяет управлять процессом качества, производить мониторинг процесса управления и влиять на конечный результат.

Если рассматривать управление качеством как целенаправленное сочетание условий, методов и средств [5], то построение такой системы хорошо согласуется с российской концепцией качества автомобильных дорог, увязывающей «все этапы деятельности дорожного хозяйства, начиная от проектирования автомобильных дорог и заканчивая ее финансовым обеспечением» [6].

При разработке стратегии управления качеством в дорожной отрасли следует различать стратегические цели управления качеством дорог с точки зрения экономики страны и предприятий дорожной отрасли. Стратегическая цель управления качеством автомобильных дорог для экономики страны заключается в создании благоприятных инфраструктурных условий для экономического и социального развития страны, а стратегическая цель управления качеством для предприятий дорожной отрасли заключается в обеспечении высокой конкурентоспособности предприятий на рынке дорожно-строительных работ и сохранении рабочих мест.

Для реализации стратегической цели управления качеством автомобильных дорог предприятиям дорожной отрасли необходимо осуществить переход от системы контроля качества к системе обеспечения качества: «качество» обеспечивается не контролем, а процессом; «качество» - экономическая категория, которой подчиняется вся организация производства.

Построение системы обеспечения качества. Одним из прогрессивных методов управления системами является процессный подход.

Таким образом, существующая система контроля качества должна быть преобразована в систему мониторинга процессов, которая позволит объективно оценивать характеристики входных параметров, ресурсы, параметры управления и выходные параметры продукции.

На основании анализа результатов мониторинга должны приниматься управленческие решения. В классической теории управления процесс принятия решения представляется в виде целенаправленных последовательных актов принятия решения (рисунок 1) [7].

С учетом того, что «качество» - экономическая категория, которой подчиняется вся организация производства, мониторинг процессов должен осуществляться на основании финансовых критериев, отражающих «цену решения». Доступный метод определения «цены решения» на любом уровне управления системой предлагают специалисты БНТУ [8]. Метод основан на функционально - стоимостном анализе значимости и допустимых затрат на осуществление исследуемой функции. Общие потери Δ складываются из отдельных составляющих источни-

ков потерь (например: ответственность руководства, обеспечение ресурсами, информационное обеспечение...), $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \dots, \Delta_n$:

$$\Delta = f(\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \dots, \Delta_n) \quad (1)$$



Рис. 1. Структурная схема процесса управления

Данная методика позволяет определить не только суммарную «стоимость» потерь при реализации процесса, но и найти «источники потерь», дающие наибольший вклад в общую стоимость, определить степень их значимости.

Для систематизации потерь, связанных с принятием ошибочных управленческих решений на разных уровнях управления при решении стратегических, тактических и оперативных задач, можно предложить использовать «матрицу цены управленческих решений»:

$$\Delta = \begin{bmatrix} \Delta_{sr} & \Delta_{st} & \Delta_{so} \\ \Delta_{tr} & \Delta_{tt} & \Delta_{to} \\ \Delta_{or} & \Delta_{ot} & \Delta_{oo} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где Δ_{ss} - «цена управленческих решений» при решении стратегических задач на стратегическом уровне управления; Δ_{st} - «це-

на управленческих решений» при решении тактических задач на стратегическом уровне управления; Δ_{so} - «цена управленческих решений» при решении оперативных задач на стратегическом уровне управления; Δ_{is} - «цена управленческих решений» при решении стратегических задач на тактическом уровне управления; Δ_{it} - «цена управленческих решений» при решении тактических задач на тактическом уровне управления; Δ_{io} - «цена управленческих решений» при решении оперативных задач на тактическом уровне управления; Δ_{os} - «цена управленческих решений» при решении стратегических задач на оперативном уровне управления; Δ_{ot} - «цена управленческих решений» при решении тактических задач на оперативном уровне управления; Δ_{oo} - «цена управленческих решений» при решении оперативных задач на оперативном уровне управления.

Каждый компонент «матрицы цены управленческих решений» может быть определен по формуле (1) с учетом вклада отдельных источников потерь.

Выводы. 1. Система оценки качества автомобильных дорог в ее современном состоянии представляет собой высоко развитую систему контроля качества, которая не позволяет управлять процессом качества, производить мониторинг процесса управления и влиять на конечный результат.

2. Для управления качеством автомобильных дорог предприятиям дорожной отрасли представляется необходимым осуществить переход от системы контроля качества к системе обеспечения качества, сущность которой кратко можно отразить двумя основными положениями: «качество» обеспечивается не контролем, а процессом; «качество» - экономическая категория, которой подчиняется вся организация производства.

Литература

1. Большой энциклопедический словарь – М.: «Большая российская энциклопедия», 1997. – 1456 с.
2. Золотогоров В.Г. Энциклопедический словарь по экономике. – Мн.: Полымя, 1997. – 571 с.
3. Диагностика и управление качеством автомобильных дорог: Учеб. пособие/ И.И. Леонович, С.В. Богданович, В.В. Голубев и др.; Под ред. И.И. Леоновича. - Мн.: БНТУ, 2002. – 357 с.
4. Стратегическое управление развитием сети автомобильных дорог и дорожного комплекса на основе системы оценочных

- показателей./ Ю.В. Слободчиков (руководитель), Л.Ф. Колегова, А.В. Лебедихин и др.; МАДИ (ГТУ). - М., 2005. – 96 с.
5. Айдинян, В.К. Бурминский, Н.И. Как управлять качеством? – «Автомобильные дороги» - № 2, 2006. – С. 12-16.
6. Н.В. Быстров Лучше меньше, да лучше - «Автомобильные дороги» - № 2, 2006. – С. 6-8.
7. Гасанов, Г.М. Управление транспортно-эксплуатационным состоянием автомобильных дорог. - М.: МАДИ (ГТУ), 2005. – 172 с.
8. Методы менеджмента качества. Функционально-стоимостный анализ: учеб. пособие/ П.С. Серенков, В.Л. Соломахо, О.А. Ленкевич, А.Г. Курьян. - Мн.: БНТУ, 2005. – 184 с.

УДК 625.851

**О проблемах повышения технического уровня ремонта
дорог литыми битумоминеральными смесями**

Леонович И.И., Реут Ж.В.

Белорусский национальный технический университет

Развитая сеть автомобильных дорог нашей страны требует поддержания высокого транспортно-эксплуатационного состояния, обеспечения непрерывного круглосуточного и безопасного движения. Помимо интенсивного воздействия динамических нагрузок от движущегося автомобильного транспорта, неблагоприятное влияние на состояние автомобильных дорог также оказывают погодно-климатические факторы. Повышенная влажность в зимний период, частые переходы температуры через ноль совместно с транспортным воздействием приводят к разрушениям покрытий дорог и снижению транспортно-эксплуатационных качеств.

Возникновение дефектов нарушения сплошности дорожного покрытия – результат возникновения знакопеременной нагрузки, усталостных явлений, температурных расширений и других факторов. Даже незначительные трещины являются причиной начала образования более серьезных дефектов покрытия и дорожной одежды в целом, которые значительно снижают потребительские качества дорог.

Для обеспечения безопасного пропуска транспортных средств при заданных скоростях и допустимых транспортных нагрузках необходимо своевременно и качественно устранять появляющиеся дефекты. Особенно проблематичен ремонт в зимне-весенний период, когда погодные условия не способствуют качественному ремонту, а дорожные организации обязаны обеспечивать допустимые безопасные транспортно-скоростные режимы движения автомобильного транспорта. [1]

Одной из технологий ремонта, применимой даже в зимний период, является технология ремонта с применением литых битумоминеральных смесей. Но на практике, иногда отремонтированные таким образом покрытия, разрушаются раньше установленного срока. Был проведен анализ и выявлено, что причинами некачественного ремонта могут быть нарушения технологии приготовления литых битумоминеральных смесей и технологии производства ремонтных работ.

Проанализировав работ ученых, занимавшихся проблемами повышения качества ремонта покрытий, необходимо отметить, что устойчивость от разрушения отремонтированного покрытия связана с прочностью зоны стыка карты ремонта, и зависит от сцепления и коэффициента внутреннего трения в этой зоне. Следовательно, для увеличения срока службы отремонтированного покрытия важно обеспечить надежный стык.

Так как литой асфальт в силу своей структуры имеет высокую плотность и коррозионную стойкость, то использование некоторых исходных материалов для приготовления этих смесей с физико-механическими свойствами ниже, чем у традиционных асфальтобетонов, привело к тому, что для приготовления используется щебень с нарушенным размером фракций.

Технология приготовления смесей на АБЗ предусматривает смешение щебня и песка в сушильном барабане, а затем рассортировку на фракции в грохоте. Тем самым, мелкая фракция щебня менее 3 мм поступает в горячий бункер песка, а имеющаяся в песке гравийная фракция крупнее 5 мм – в бункер щебня. В результате нарушается постоянство гранулометрического состава литой битумоминеральной смеси, следовательно, ухудшается ее качество. Таким образом, очевидны более высокие требования к качеству минеральной части смеси. [2]

При приготовлении регенерированных литых смесей, применяемый асфальтобетонный лом, который не подвергается предварительной лабораторной проверке (гранулометрический состав минеральной части, содержание и химический состав битума и т.д.), а также не проектируются новые составы регенерированной смеси, а новые компоненты добавляются «на глаз», что приводит к ухудшению качества смеси.

Температура литой смеси при ее приготовлении составляет 200-220 °С. Поэтому предпочтение следует отдавать глубокоокисленным битумам с температурой вспышки не ниже 240 °С. Также обеспечивать жесткий контроль нагрева инертных материалов во избежание вспышки смеси либо выпуска холодных смесей. При выпуске холодной смеси, для устранения нарушения операторы вводят дополнительные объемы битума, тем самым, снижая сдвигоустойчивость асфальта.

Важной технологической операцией является процесс перемешивания. Например, в заводской мешалке обязательно необходимо сухое перемешивание инертных материалов, а время перемешивания смеси с битумом не должно быть меньше 60 секунд, т.к. в противном случае при транспортировке смеси в специализированных машинах не достигается нужной консистенции смеси.

Не всегда при погрузке смеси в специализированные машины, эти машины подготовлены к работе. Т.е. они должны быть прогреты до температуры порядка 120-160 градусов. А при транспортировке смесь должна постоянно перемешиваться во избежание ее расслоения, а для компенсации тепловых потерь иногда прогревать. Время перемешивания не должно быть менее 20 минут. [3]

На основании всего сказанного, можно сделать вывод, что для улучшения качества ремонта дорог литыми смесями необходимо повышение требований к технологиям приготовления ремонтных смесей и производства работ. Также целесообразно улучшение потребительских свойств литых смесей. Для этого нужно произвести поиск и изучение противосегрегирующих добавок, которые могут быть использованы для приготовления горячих литых смесей.

Литература

1. Леонович, И.И., Реут, Ж.В. Использование битумоминерального сырья в городском коммунальном хозяйстве. // Матер. Межд. научн.-техн. конф «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии». Могилев. 2004. Ч. 2. – С. 221.
2. Мелик-Багдасаров, М.С., Гиоев, К.А. Повышать технический уровень ремонта дорожных покрытий. // Наука и техника в дорожной отрасли № 1, 2000. – С. 21-23.
3. Тришин, Г.Г., Полойко, В.Ф., Романькова, Т.А. Рекомендации по способам ускоренного ремонта усовершенствованных дорожных покрытий. – Мн.: 1984. – 102 с.

УДК 625.7

Экономический и социальный ущерб от дорожно-транспортных происшествий

Гришина Н.А.

Белорусско-Российский университет (г. Могилев)

Условно процессы в дорожном транспорте можно разделить на два этапа - подготовка к движению и сам процесс движения. На первом этапе происходит создание необходимых предпосылок для движения или необходимой инфраструктуры - строительство и содержание дорог, производство (или приобретение) и обслуживание транспортных средств, создание систем управления, подготовка кадров и т.д. На втором этапе производится перемещение людей и грузов в созданных для этого условиях. На первом этапе от общества требуются весьма значительные затраты - так называемые затраты в инфраструктуре. На втором этапе неизбежны не менее значительные издержки - так называемые издержки движения: потери времени, расход топлива, износ дорог и транспортных средств, выбросы в атмосферу, аварии и т.д.

Поскольку потери, по определению, есть производная от стоимости, то и их можно квалифицировать аналогично стоимости – глобальные, от издержек движения, в инфраструктуре и сопоставительные. В данной работе исследуются потери в дорожном движении, поэтому объектом исследования будут преимущественно сопоставительные потери, которые, как мы уже знаем, включают в основном издержки движения.

Потери от издержек, равно как и сами издержки, можно разделить на четыре вида: экономические, экологические, аварийные и социальные, - их структура представлена на рисунке 1. Все эти виды довольно тесно связаны между собой, и иногда бывает трудно провести между ними четкую границу. Поэтому указанное деление, а также приведенные названия следует считать условными или рабочими. Тем не менее, более чем десятилетний опыт применения этой классификации показал, что она понятна и довольно удобна в пользовании, особенно при анализе структуры потерь на отдельном участке. Что касается применения этой классификации к суммарным потерям в дорожном транспорте, то необходимо учитывать, что суммарные потери включают, кроме потерь от четырех видов издержек движения, еще и соизмеримые по величине потери от неоптимальных затрат в инфраструктуре, которые носят преимущественно экономический характер. Поэтому чем выше доля потерь в инфраструктуре, тем слабее проявляются видовые отличия и потери в дорожном транспорте все отчетливее становятся чисто экономическими.

Экономические потери в дорожном движении связаны с необязательными задержками (снижением скорости в сравнении с нормативной), остановками и перепробегом транспорта, задержками пассажиров и пешеходов, перерасходом топлива, износом или повреждением транспортного средства из-за некачественных условий движения и т.д. Сюда же относятся потери прибыли участниками движения и потери в смежных отраслях из-за невыполнения принятых обязательств, например, из-за опозданий или поломок в дороге и т.д. Экономические потери характеризуются тем, что они почти равномерно раскладываются на всех членов общества и маскируются, сливаясь с действительно неизбежными издержками, в результате к ним привыкают и их как бы не замечают. И напрасно, потому что по своим масштабам эти потери значительно превышают аварийные и экологические вместе взятые и значимо влияют на уровень нашего благосостояния.

Экологические потери - это превышающие минимально возможные величины выбросы вредных веществ в атмосферу, загрязнение воды и почвы, воздействие шума, вибрации и электромагнитных излучений. Основными причинами повышенного

уровня экологических потерь являются: перегрузки отдельных участков улично-дорожной сети; повышенный уровень маневрирования интенсивных потоков, включая торможения, остановки и разгоны; вынужденное снижение скорости и движение на неэкономичных режимах; перепробег в любых его проявлениях; неудовлетворительное техническое состояние транспортных средств и т.д. Даже, казалось бы, такие «полезные» начинания, как понижение установленного предела скорости в населенных пунктах или обязательное включение головного света в дневное время, приводят к повышенному расходу топлива и увеличению экологических (не говоря уже об экономических) потерь, что многократно перечеркивают кажущиеся «выигрыши».

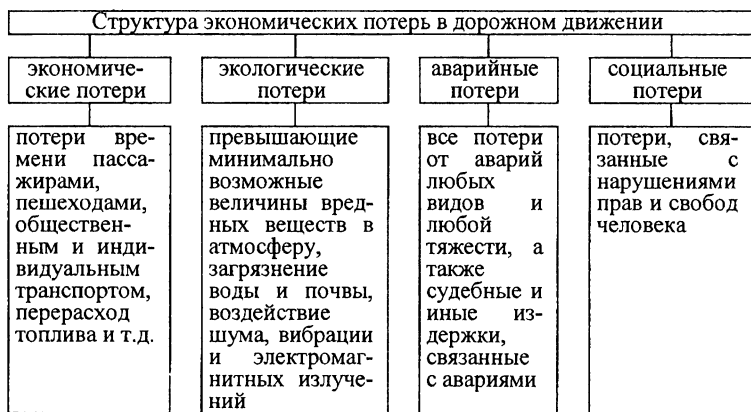


Рис. 1. Структура потерь в дорожном движении

В экологических потерях следует различать произведенный и потребленный вред. Одно дело, когда нагруженная городская магистраль проложена через незаселенную, например промышленную, зону, и совсем другое дело, когда эта же магистраль проходит через густонаселенные жилые районы и вплотную примыкает к жилым зданиям, больницам, детским учреждениям и т.п. Очевидно, при одинаковом произведенном вреде потребленный вред во втором случае будет несопоставимо большим. Это разделение, хотя и недостаточно, но все же учитывается при определении экологических потерь. Например, стоимость ущерба от одинакового количества выбросов в ат-

мосферу в городе оценивается почти в 2,5 раза выше, чем за городом, а при определении ущерба для здоровья человека учитывается число подвергшихся воздействию людей, удаленность застройки и т.д.

Экологические потери характеризуются тем коварным свойством, что их действие отложено во времени на довольно значительный период. В результате сегодняшнее поколение пожинает плоды экологической деятельности прошлых поколений, а плоды нашей деятельности будут пожинать потомки. Опасность заключается в том, что результаты могут оказаться непредсказуемо страшными, к примеру, исчезновение озонового слоя или генетические изменения в самом человеке. Что касается денежного эквивалента, то экологические потери, по сегодняшним германским оценкам, существенно уступают экономическим, но столь же существенно превышают аварийные. Напомним, что это по сегодняшним оценкам, - завтра, как представляется, значимость экологических потерь существенно возрастет.

Под **аварийными** понимают все потери от аварий любых видов и любой тяжести последствий, а также судебные и иные издержки, связанные с авариями. В аварийных потерях, в отличие от экономических и экологических, ущерб наносится в первую очередь отдельным участникам движения - для них именно эти потери тысячекратно важнее, чем другие виды потерь. В то же время отношение общества к аварийным потерям легко определяется по результатам, по уровню аварийности, т.е. по тому, что оно делает для снижения этих (и других) потерь, а не по тому, что оно заявляет по этому поводу.

Под **социальными** понимают все потери, связанные с нарушением прав и свобод человека, закононепослушанием и духовным развращением личности. Они могут быть вызваны произволом, недобросовестностью или некомпетентностью властей, неподчинением участников движения установленным нормам, равно как нелепостью или невыполнимостью отдельных положений этих норм; принуждением или подстрекательством к невыполнению нормативов; бесконтрольностью или безнаказанностью отдельных лиц и т.д. Долгое время социальные потери вообще не рассматривались как факт и уж тем более как потери. Видимо, потребуется определенное время для того, чтобы осознать значимость этих потерь. Причем не только для

дорожного движения, где они, как оказалось, занимают доминирующее положение, но и для других областей нашей жизни.

Все виды потерь являются социально-экономическими и имеют две составляющие - материальную и духовную, или экономическую и социальную. Экономическая составляющая - это та часть потерь, которая имеет однозначный денежный эквивалент, например, стоимость поврежденных машин или грузов при аварии или оплата листов нетрудоспособности из-за экологических воздействий на человека и т.д.

Социальная составляющая не имеет однозначного денежного эквивалента и характеризует ту часть потерь, которая отражается на полноценности отдельного человека или общества в целом. Это потери, связанные с гибелью или здоровьем человека, в том числе и психическим (так называемая «душевная боль»); с состоянием окружающей среды, состоянием общества, воспитанием детей и т.д. Экономическая оценка этих потерь производится опосредованно через систему страховых отношений, общественных приоритетов (нормативов), возмещения морального ущерба и т.д. И хотя эта оценка очень нежесткая и приблизительная, она все же есть и позволяет сопоставить между собой различные виды потерь.

Суммарные приведенные потери на исследуемом участке или в исследуемой системе определяются из выражения

$$P' = P_{\text{экон}} \cdot K_{\text{сэкон}} + P_{\text{экл}} \cdot K_{\text{сэкл}} + P_{\text{а}} \cdot K_{\text{са}} + P_{\text{с}} \cdot K_{\text{сс}}, \quad \text{руб./год}, \quad (1)$$

где $P_{\text{экон}}$ и $K_{\text{сэкон}}$ - экономическая составляющая и социальный коэффициент экономических потерь соответственно; $P_{\text{экл}}$ и $K_{\text{сэкл}}$ - то же для экологических потерь; $P_{\text{а}}$ и $K_{\text{са}}$ - то же для аварийных потерь; $P_{\text{с}}$ и $K_{\text{сс}}$ - то же для социальных потерь.

Литература

1. Врубель, Ю.А. Потери в дорожном движении. - Мн.: БНТУ.
2. Аксенов, В.А., Попова, Е.П., Дивочкин, О.А. Экономическая эффективность рациональной организации дорожного движения. - М.: Транспорт, 1987. - 128 с.
3. Автомобильные дороги: безопасность, экологические проблемы, экономика (российско-германский опыт)/Под ред. В.Н. Луканина, К.-Х. Ленца. - М.: Логос, 2002. - 624 с.

Инженерное обеспечение строительства

,

Оптимизация прямоугольной ребристой плиты на упругом основании методом градиентного спуска по границе

Вербицкая О.Л., Шевчук Л.И.

Белорусский национальный технический университет

Рассматривается задача оптимизации прямоугольной линейно деформируемой железобетонной плиты на упругом основании. Размеры плиты в плане 12×6 м. Плита подкреплена тремя ребрами жесткости с шириной 1 м и загружена двумя вертикальными силами $F = 600$ кН, приложенными на пересечениях ребер (рис.1). Модуль упругости и коэффициент Пуассона материала плиты соответственно равны $E = 40$ ГПа и $\nu = 0.18$.

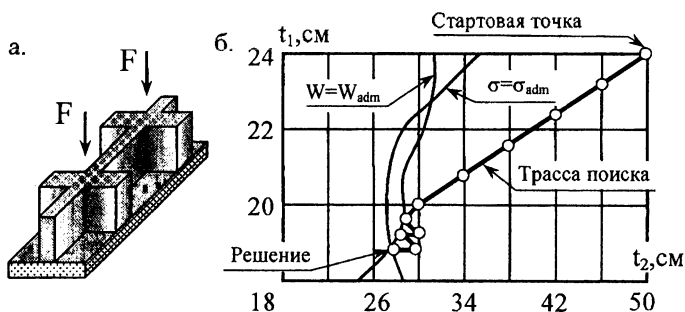


Рис. 1. Схема плиты, подкреплённой ребрами (а), и результат сканирования и трасса поиска оптимального решения (б)

Грунтовое основание состоит из двух слоев – цементогрунт толщиной $\delta_1 = 0.20$ м и модулем деформации $E_1 = 400$ МПа; песок средней плотности толщиной $\delta_2 = 6.0$ м и модулем упругости $E_2 = 130$ МПа. Толщина и модуль деформации эквивалентного слоя соответственно приняты

$$\delta_{12} = \delta_1 + \delta_2 = 0.20 + 6.00 = 6.20 \text{ м}; \quad (1)$$

$$E_{12} = \frac{E_1 E_2 (\delta_1 + \delta_2)}{\delta_1 E_2 + \delta_2 E_1} = \frac{400 \cdot 130 (0.2 + 6.0)}{0.2 \cdot 130 + 6.0 \cdot 400} = 134 \text{ МПа}. \quad (2)$$

Коэффициент, характеризующий жесткость основания, определен по деформируемости эквивалентного слоя

$$k = \frac{E_{12}}{\delta_{12}} = \frac{134}{6.20} = 21.6 \frac{MH}{м} . \quad (3)$$

В качестве целевой функции принят объем плиты

$$V(\vec{X}) = \min V(\vec{X}), \quad \vec{X} = (x_1, x_2)^T, \quad \vec{X} \in R_n, \quad (4)$$

где \vec{X} – вектор (точка) двумерного пространства R_n . Параметрами оптимизации являлись толщина плиты x_1 и высота ребра x_2 , которые ограничены по конструктивным соображениям

$$x_{k \min} \leq x_k \leq x_{k \max} \quad (k=1,2) \quad (5)$$

Приняты следующие значения границ – $x_{1 \min} = 18 \text{ см}$, $x_{2 \min} = 18 \text{ см}$, $x_{1 \max} = 24 \text{ см}$ и $x_{2 \max} = 50 \text{ см}$. Так же поставлены ограничения по прочности и по жесткости

$$\sigma_{\max} \leq \sigma_{adm} = 10 \text{ МПа} \quad \text{и} \quad W_{\max} \leq W_{adm} = 2 \text{ см} . \quad (6)$$

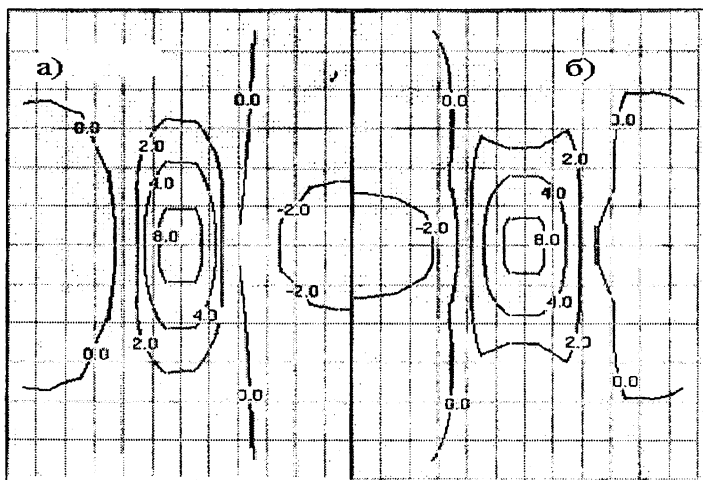


Рис. 2. Карты изолиний нормальных напряжений для сплошной (а) и для ребристой (б) плит

Для расчета использован метод градиентного спуска по границе [1, 2]. Расчет выполнен по программе *Cross*, составленной на алгоритмическом языке Паскаль (Дельфи-7). По результатам сканирования найдены границы области поиска оптимального решения (рис. 1 б). Процесс поиска оптимального решения показан на трассе (см. рис.1 б). Анализ результатов оптимизации подтвердил стабильность и высокую скорость процесса поиска, а также гарантированную однозначность решения.

Получены оптимальные размеры ребристой плиты $x_1 = 18 \text{ см}$, $x_2 = 30 \text{ см}$ и сплошной плиты $x_1 = x_2 = 26 \text{ см}$. Характер распределения нормальных напряжений по площади плиты показан на рис. 2. Очевидно, что и в сплошной и в ребристой плите наблюдается концентрация напряжений в местах приложения нагрузки. Однако, отличие в распределении расчетных напряжений по площади плит незначительное.

Затраты материала на сплошную плиту с оптимальной толщиной равной $x = 26 \text{ см}$, принятой по условию прочности и жесткости, составили 18.72 м^3 . Для ребристой плиты с оптимальными размерами $x_1 = 18 \text{ см}$ и $x_2 = 30 \text{ см}$ объем материала равен 15.6 м^3 . Таким образом, за счет оптимизации подкрепленной ребрами плиты на упругом основании достигнуто снижение затрат материала на 17%.

Литература

1. Вербицкая, О.Л. Алгоритм оптимизации прямоугольных пластинок методом градиентного спуска с навигацией направления поиска вблизи границ. Научно-технический журнал "Вестник БНТУ" № 2, Мн. – 2004, С.15-21.
2. Вербицкая, О.Л., Шевчук, Л.И. Оптимизация прямоугольных железобетонных плит кусочно-постоянного сечения методом градиентного спуска по границе/Материалы Третьей международной научно-технической конференции в 2-х томах, № 1.– 2006. С. 400-402.

Определение параметров прочности теории Кулона
 c и φ асфальтобетона дорожного покрытия
численным моделированием

Кравченко С.Е., Шевчук Л.И.

Белорусский национальный технический университет

Растущая интенсивность эксплуатации автомобильных дорог, увеличение грузоподъемности автомобильного транспорта, а также большие скорости движения автомобилей на территории Республики Беларусь требуют проектирования покрытия автомобильных дорог повышенной прочности и износоустойчивости. Это может быть достигнуто подбором соответствующего состава асфальтобетона и применением для расчета теории прочности, действительно достоверно описывающей механику разрушения материала.

Как показали ранее проведенные исследования процесса разрушения образцов асфальтобетона на численной модели [1] такой теорией является теория прочности Кулона для сыпучесвязных материалов [2]. Для применения этой теории требуется определить параметры прочности c и φ .

Для этой цели предлагается следующая методика. По результатам испытания образца асфальтобетона на простое сжатие строится диаграмма сжатия, устанавливается максимальная нагрузка, которую выдерживает образец F_{dan}^o , соответствующая ей деформация W_{dan}^o и усредненный модуль упругости асфальтобетона E_o .

$$E_o = \frac{F_{dan}^o \cdot h_o}{W_{dan}^o \cdot a \cdot b}, \quad (1)$$

где F_{dan}^o – максимальная нагрузка, которую выдерживает образец асфальтобетона при испытании; h_o – высота образца; W_{dan}^o – деформация образца, соответствующая максимальной нагрузке; a, b – поперечные размеры образца.



Рис. 1. Текстура образца асфальтобетона

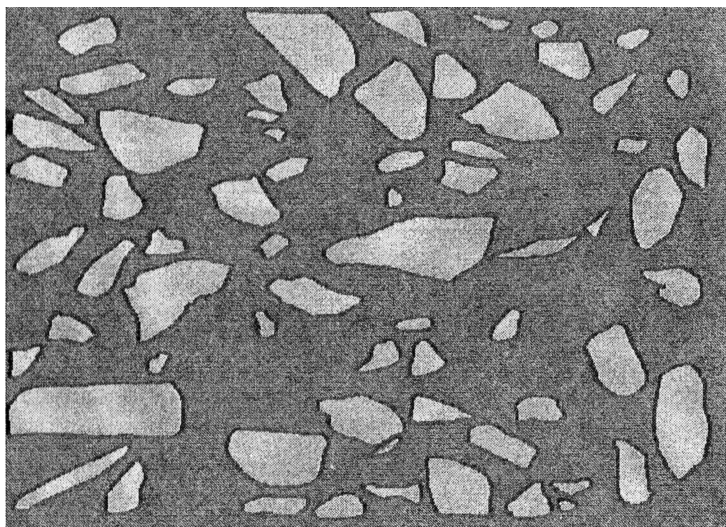


Рис. 2. Отретушированная текстура образца асфальтобетона

Применена линейная интерполяция изменения F_{dan} и W_{dan} от параметров c и φ

$$F_{dan} = k_0 + k_1 c + k_2 \varphi \text{ и } W_{dan} = s_0 + s_1 c + s_2 \varphi. \quad (2)$$

По фотографии среза образца ретушируется его текстура и вводится как исходное данное в программу *CHIP*. Затем, выполнив три пробных расчета численной модели образца, задавая различные значения параметрам c и φ , по полученным результатам составляются две системы уравнений

$$\begin{cases} F_{dan1} = k_0 + k_1 c_1 + k_2 \varphi_1; \\ F_{dan2} = k_0 + k_1 c_2 + k_2 \varphi_2; \\ F_{dan3} = k_0 + k_1 c_3 + k_2 \varphi_3 \end{cases} \text{ и } \begin{cases} W_{dan1} = s_0 + s_1 c_1 + s_2 \varphi_1; \\ W_{dan2} = s_0 + s_1 c_2 + s_2 \varphi_2; \\ W_{dan3} = s_0 + s_1 c_3 + s_2 \varphi_3, \end{cases} \quad (3)$$

решение которых дает значения коэффициентов k_0, k_1, k_2 и s_0, s_1, s_2 . Затем для определения сцепления c_* и угла внутреннего трения φ_* испытываемого образца составим и решим систему уравнений

$$\begin{cases} F_{dan}^o = k_0 + k_1 c_* + k_2 \varphi_*; \\ W_{dan}^o = s_0 + s_1 c_* + s_2 \varphi_*, \end{cases} \quad (4)$$

где F_{dan}^o, W_{dan}^o – предельные нагрузка и деформация образца, полученные по результатам испытания. Приведенный алгоритм реализуется программой *CHIP*, составленной на алгоритмическом языке *Pascal (Delphi)*.

Литература

1. Кравченко, С.Е., Шевчук, Л.И. Численное моделирование разрушения образца асфальтобетона при сжатии// Автомобильные дороги и мосты. Научно-технический сборник. №1 / 2006. – С.36-38.
2. Писаренко, Г.С. [и др.] Справочник по сопротивлению материалов. – Киев: Наукова думка, 1988. – 726 с.

Построение средствами AutoCAD фрагментов цифровой модели местности

Позняк А.С., Прокурат Л.В.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время компьютерные технологии составления крупномасштабных топографических планов имеют революционное научно-техническое значение по достигнутым результатам в их последующем использовании при автоматизированном проектировании различных объектов, когда возникает необходимость вариантного проектирования с оперативной технико-экономической и экологической проработкой и оценкой вариантов проектных решений.

Получение и обработка результатов топографических изысканий и полевых журналов является довольно сложной задачей в реализации, поскольку непосредственно связана с полевыми измерениями и реальной местностью. Что касается геодезических приборов, то можно использовать классические теодолиты и нивелиры (результаты измерений заносят в полевой журнал установленного образца), а можно - современные электронные тахеометры, с помощью которых измеряют расстояния и углы, вычисляют координаты и высоты точек и передают данные замеров в удобной для чтения форме прямо на компьютер.

Используя данные полевых журналов измерений на участке учебного полигона и выполнив их вычислительную обработку в специально составленных нами программах на языке Turbo Pascal, графическое составление топографического плана в AutoCAD включало послойное:

- построение координатной сетки со сторонами 100x100мм;
- оформление внешней рамки;
- оцифровку координатной сетки в соответствии с координатами точек теодолитного хода и с учетом последующего размещения результатов теодолитной, тахеометрической съемок и нивелирования по квадратам;

- нанесение по координатам точек съемочного обоснования с контролем по результатам полевых измерений углов и длин линий;
- перенесение на план элементов ситуации с абрисов;
- нанесение характерных точек местности на план, подписание их высот и вычерчивание границ (контуров участка);
- проведение горизонталей для изображения рельефа местности;
- окончательное оформление плана в соответствии с условными знаками;
- определение геометрических параметров топографического объекта (площади, уклонов, дирекционных углов и т.п.).

При построении элементов ситуации от пунктов съемочного обоснования и линий теодолитных ходов были использованы следующие команды: вычерчивания линий; вычерчивания многоугольников; вычерчивания окружностей, эллипсов и дуг; генерации текста, нанесения штриховок. Кроме этого мощным инструментом необходимых построений служили многочисленные команды редактирования.

Рельеф участка местности изображался с помощью горизонталей (линий равных высот), построенных сначала полилиниями и отредактированных в последующем сплайнами. Нами составлена программа на языке AutoLisp для построения пикетных точек на плане. Практическое использование этой программы позволяет полностью отказаться от рутинной графической работы с помощью топографического тахеографа, построение которого также выполнено нами средствами AutoCAD.

В заключении отметим, что программный продукт AutoCAD предлагает самые совершенные средства для выполнения топографических чертежей. Широкие возможности их преобразования и редактирования, различные способы получения изображений местности и решения инженерно-геодезических задач – все это обеспечивает огромную экономию времени по сравнению с «ручным» черчением. Современный пакет AutoCAD позволяет работать одновременно с несколькими чертежами, имеет мощные средства визуализации создаваемых трехмерных объектов и расширенные возможности адаптации системы к требованиям пользователя.

Анализ результатов оценки точности уравнивания геодезических засечек методом Lp-оценок

Гармаза О.Е.

Белорусский национальный технический университет

Метод Lp-оценок стал широко внедряться в производство. Разработанными для этого метода оказались и алгоритмы оценки точности: для геодезических засечек; для одного любого пункта геодезической сети; для всех пунктов геодезической сети в линеаризованном варианте и в численном нелинейном алгоритме. Причем последние три метода (предназначенные для обработки геодезических сетей) дают близкие результаты оценки точности и могут успешно приниматься и для оценки точности любых засечек.

Целью исследований является сравнение числовых результатов оценки точности, полученных для линейно-угловых засечек на плоскости пятью различными методами. На рисунке показана засечка с исходными данными, приведенными в табл. 1.

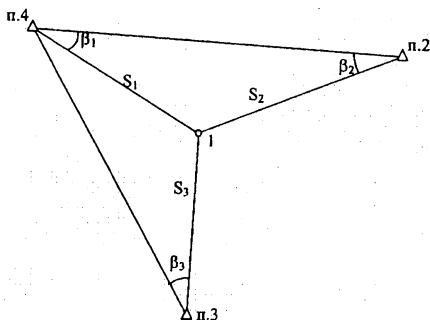


Таблица 1. Исходные данные для линейно-угловой засечки

№п/п	$X_{исх.}$	$Y_{исх.}$	β	$S, м$
1	—	—	$38^{\circ}59'53''$	18 257,32
2	89 688,00	100 428,20	$51^{\circ}16'39''$	14 725,80
3	66 275,02	93 752,04	$43^{\circ}20'58''$	10 143,26
4	84 396,80	77 632,31	$\sigma_{\beta}=2,5''$	$\sigma_S=0,05 м$

Оценку точности функций измеренных и уравненных величин в методе Лр- оценок выполняют по формулам:

$$m_F = \mu \sqrt{\frac{1}{P_F}}; \quad \mu = \sqrt{\frac{V_n^T P_n V_n}{r}}; \quad \frac{1}{P_F} = f Q f^T,$$

где f – вектор – строка коэффициентов весовой функции, а $V_n = L(\hat{X})$.

Таблица 2. Оценка точности определяемого пункта (М)

п	А	В	С	Д	Е	μ
1,1	1,53 м	1,41 м	0,68 м	0,60 м	-	4,59
1,2	1,21	0,62	0,61	0,60	-	4,39
1,3	0,76	0,65	0,52	0,52	-	4,17
1,4	0,62	0,50	0,45	0,45	-	3,98
1,5	0,51	0,41	0,38	0,38	0,38 м	3,81
1,6	0,42	0,34	0,33	0,33	0,33	3,68
1,7	0,34	0,29	0,29	0,29	0,29	3,59
1,8	0,28	0,25	0,25	0,25	0,25	3,55
1,9	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	3,57
2,0	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	3,66
2,1	0,18	0,20	0,20	0,20	0,20	3,81
2,2	0,17	0,19	0,19	0,19	0,19	4,05
2,3	0,15	0,19	0,19	0,19	0,19	4,38
2,4	0,14	0,19	0,19	0,19	0,19	4,80
2,5	0,14	0,19	0,20	0,20	0,20	5,31
2,6	0,163	0,20	0,21	0,21	-	5,93
2,7	0,13	0,20	0,23	0,23	-	6,67
2,8	0,12	0,21	0,26	0,26	-	7,52
2,9	0,12	0,22	0,30	0,26	-	8,52
3,0	0,12	0,23	0,36	0,50	-	9,67

В табл. 2 приведены ошибки положения пункта, определяемого линейно-угловой засечкой, для следующих 5 методов:

А. По изолиниям целевой функции.

В. Метод Адамчевского – Макарова.

С. Аналитический линеаризованный вариант оценки точности.

Д. Численный метод, основанный на линеаризованном варианте.

Е. Нелинейный численный алгоритм, основанный на минимизации методом Ньютона многостепенной целевой функции.

Из анализа данных табл.2 вытекают следующие выводы:

1. При $n=2,0$ все методы дают одинаковый результат для пункта М.
2. Методы А и В на отрезках $1,0 \leq n \leq 1,6$ и $2,6 \leq n \leq 3,0$ заметно отличаются в оценке точности от алгоритмов С, D, Е.
3. Для оценки точности засечек и любых геодезических сетей самым надежным и устойчивым является метод С и, следовательно модифицированный способ С.Д. Воложина.

УДК 528.48

Использование плана твёрдых контуров для анализа точности растровой подложки

Рак И.Е.

Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день самый распространённый способ получения цифровой топографической карты это векторизация уже имеющегося топографического материала. Работы по созданию карты таким способом происходят в камеральных условиях, а это значит, не зависят ни от времени года, ни от погодных условий. Оцифровку производит один человек, при этом на планшет ему требуется в среднем около двух недель. Если стоимость топографической съемки планшета масштаба 1:500 принять за 100 %, то векторизация одного планшета того же масштаба составляет 3,5%. Очевидно, что в ближайшем будущем подавляющее большинство цифровых планов будет создаваться именно векторизацией растровой основы.

Естественно, встаёт вопрос о точности топографических планов, полученных путём векторизации. Оценить точность можно двумя способами:

- использовать имеющиеся на топографических планах пункты ГГС и городской сети;

- создать план твёрдых контуров (ПТК).

В первом случае геодезические координаты пунктов получают из старых каталогов координат и сравнивают их с координатами, снятыми с оцифрованного плана. Однако, как правило, на один планшет приходится от 1 до 5 пунктов и для того чтобы накопить какую-либо статистику, необходимо большое количество планшетов. Кроме того, по двум-трем точкам нельзя ничего сказать о точности конкретного планшета, а часто на планшете вообще может не быть ни одного пункта.

Применение второго варианта, хотя он и более трудоёмкий, позволяет сделать более полный анализ о точности растрового изображения.

В 2005 году в г. Москве на локальном участке проводились экспериментальные работы по созданию ПТК. Все работы производились в соответствии с инструкцией по топографической съёмке, а так же с учетом дополнительных требований заказчика к данной работе. Съёмка производилась для масштаба 1:500 электронным тахеометром и обрабатывалась в программах Кредо и MicroStation.

В ходе этой работы была покрыта съёмкой и отрисована часть города Москвы площадью 15 км². Съёмке подвергались капитальные здания сооружения (жилые и нежилые), а так же ограждения на фундаменте.

ПТК был совмещен с растровым изображением карты масштаба 1:2000 на этот же участок. Карта была создана в 1985-87 годах с использованием аэрофотосъёмки и используется в различных производственных и проектных организациях г. Москвы.

Поскольку ПТК был создан с более высокой точностью, чем карта, то его можно использовать для анализа качества растрового изображения. Исследование точности проводилось с учетом того, что для графических оригиналов средние погрешности в положении на карте предметов и контуров местности с четкими очертаниями относительно ближайших точек планового съёмочного обоснования, выраженные в масштабе создаваемой карты не должны превышать 0,5 мм.

На первом этапе по имеющемуся растру были определены координаты точек однозначно идентифицированных на ПТК.

Сравнение полученных координат показало, что расхождения во многих случаях превосходят технические допуски.

Для обобщения был выполнен второй этап сравнения данных, при этом рассматривались не отдельные точки, а контуры, для которых определялись средние значения расхождений.

В ходе исследований вычислялись следующие характеристики: максимальные расхождения на характерных контурных точках (углы зданий, изгибы ограждений), средние расхождения по контуру в целом; оценивалось само пространственное расположение замкнутых контуров. Были обследованы 70 контуров, равномерно распределенных по площади съемки. Отмечены такие виды несоответствия контуров раstra и ПТК: равномерный сдвиг вдоль оси контура; неравномерный сдвиг вдоль оси; масштабные искажения; неравномерный и нелинейный сдвиг; сдвиг с разворотом. Т.е. все искажения не имеют систематического происхождения и поэтому полученные ошибки можно отнести только к ошибкам создания карты.

По критерию точности объекты были объединены в три группы. Данные работы приведены в таблице.

	Группы объектов, по критерию точности (средние погрешности по замкнутому контуру (м))		
	< 1	1 – 2	> 2*
Количество объектов	24	32	14
%	34,3	45,7	20
Среднее из средних погрешностей в положении контуров на карте (м)	0,47	1,25	3,1
Максимальные погрешности характерных контурных точек	2,10		5,70
Средние из максимальных	1,34		3,54

*К данной группе также относятся такие объекты, точность которых, трудно оценить, так как они не соответствуют раstrу, либо же такие, которых вообще нет на растре.

По итогам проведенной работы можно сделать вывод, что карта, имеющая 65% элементов находящихся за порогом точности, нуждается в пересоставлении.

Измерение скорости смещения методом спекл-фотографии

Мархвида В.Г.

Белорусский национальный технический университет

Метод спекл-фотографии при простоте реализации, высокой точности измерения деформаций на малых базах, пониженных требованиях к регистрирующим средам и способам их обработки, простоте интерпретации результатов при большом объеме информации на одном материальном носителе может быть применен для проведения измерений деформаций в производственных условиях и при натурном исследовании сложных малогабаритных объектов.

Используя схему восстановления спеклограммы, вычисляют величину смещения L на локальном, попадающем в зону лазерного луча, участке поверхности объекта по формуле:

$$L = \lambda f_{\theta} M / D,$$

где λ – длина волны лазерного излучения; f_{θ} – расстояние от спеклограммы до экрана; M – знаменатель масштаба изображения объекта; D – период дифракционных полос Юнга.

Определив величину смещения L и время между двумя позициями t , можно вычислить скорость смещения: $V = L/t$. Недостаток этого способа состоит в невозможности регистрации измерения скорости смещений диффузного объекта, поскольку вычисляют только среднюю скорость смещения за время между двумя импульсами излучения.

Предлагается способ измерять скорость смещения в разные моменты времени. Такое измерение достигается поочередным освещением различных участков поверхности диффузно рассеивающего объекта при его плоском смещении. При этом первым импульсом когерентного излучения освещается вся поверхность объекта, а последующими – только отдельные неперекрывающиеся участки. Количество измерений скорости объекта равно числу участков на поверхности этого объекта, которое выбирается заранее. Устройство регистрации скорости смещения объекта представлено на рисунке.

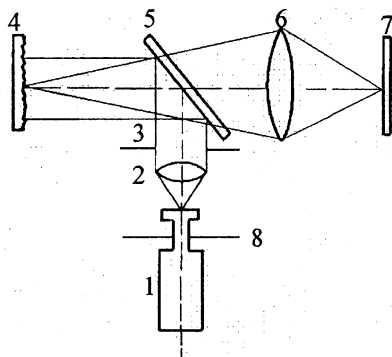


Рис. Схема устройства регистрации скорости смещения объекта: 1 – источник когерентного излучения – лазер; 1 – коллиматор; 3 – секторная диафрагма; 4 – исследуемый объект; 5 – светоделитель; 6 – линза; 7 – спеклограмма; 8 – затвор

Определение скорости смещения диффузного объекта в различные моменты времени осуществляется следующим образом. Пучок излучения от лазера расширяется с помощью коллиматора. Пройдя полностью раскрытую диафрагму, он отражается светоделителем, обеспечивающим нормальное падение лазерного излучения на диффузный объект. Изображение этого объекта на спеклограмме строится при помощи линзы. Однако данная запись от обычной двухэкспозиционной отличается тем, что перед вторым импульсом лазерного излучения специальная диафрагма устанавливается так, чтобы она «вырезала» только часть излучения, например, в виде сектора. Перед третьим импульсом диафрагма поворачивается на угол, равный центральному углу сектора, тем самым обеспечивается освещение перекрывающихся участков поверхности объекта. Аналогичная операция выполняется перед каждым последующим импульсом лазерного излучения. Время импульса, обеспечивающее требуемую точность, обрабатывается затвором.

Восстановление спеклограммы изложено выше.

Таким образом, если $t_{i,j}$ – время между импульсами i и j , а L_{ij} – смещение объекта между этими импульсами, то скорость смещения объекта вычисляется как $V_{i,j} = L_{i,j} / t_{i,j}$.

Рассмотренный способ позволяет определять скорость смещения объекта в различные моменты времени, тем самым дает возможность вычислить как среднюю скорость смещения, так и мгновенную скорость в заданные моменты времени.

Судостроение и гидравлика

Математическая модель расчета давления рабочей жидкости на преграду, имеющую вид поверхностного слоя коррозии

Качанов И.В., Филипчик А.В.

Белорусский национальный технический университет

Область применения струйно – абразивной обработки (САО), которая среди других способов по универсальности занимает одно из ведущих мест, весьма разнообразна [1],[2]. Так, например, струйная обработка поверхностей, предназначенных под последующее покрытие (гальванические, лакокрасочные и другие виды) находит широкое применение в судостроении, машиностроении [1]. В частности, поршневые кольца перед хромированием обрабатываются САО, что способствует повышению качества соединения покрытия с основным металлом. По существующим рекомендациям поршневые кольца должны дважды подвергаться САО до и после хромирования, что повышает долговечность колец в условиях эксплуатации [2],[3].

Одной из основных задач САО является оценка силового воздействия струи, вытекающей из конфузора и воздействующей на плоскую преграду. Для решения используется метод верхней оценки [4,5] с общими допущениями механики деформируемого твердого тела, заключающийся в том, что объем очага деформации, для данного случая слоя из продукта коррозии, представляется в виде жестких (недеформируемых) блоков (треугольников), скользящих один относительно другого, преодолевая силу трения $\tau_n = k$. Тем самым действительное поле линий скольжения заменяется полем, состоящим из системы прямолинейных отрезков, образующих треугольники. Вдоль границ блоков – сторон треугольников – компоненты скоростей перемещений претерпевают разрывы. Внутри каждого блока поле скоростей однородно, т.е. вектор скорости для всех точек данного блока один и тот же. На этом основании строят поле скоростей, которое при правильном построении всегда является

кинематически возможным. Число и размеры треугольных блоков первоначально выбирают произвольно (рис. 1) [4,6].

Исходя из баланса мощности внешних и внутренних сил, составленного с учетом действия динамических напряжений на

поверхностях разрыва вектора скорости, приходим к следующему выражению для определения необходимого давления в точке соударения струи с обрабатываемой поверхностью :

$$p = \left(\frac{3 + 4 \cdot \sin^2 \alpha}{2 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \alpha} \right) \cdot \kappa + \frac{5}{4 \cdot \cos^2 \alpha} \cdot \rho \cdot V^2 \quad (1.1)$$

где κ - постоянная пластичности обрабатываемого материала, определяемая по результатам испытаний на одноосное растяжение (сжатие) по формуле $\kappa = \frac{\sigma_s}{\sqrt{3}}$ [5].

ρ - плотность для продукта коррозии.

V - скорость натекания струи на плоскую преграду.

Проводя дальнейшее преобразование получаем:

$$p = 2.6 \cdot \sigma_s + 1.8 \cdot \rho \cdot V^2 \quad (1.2)$$

где σ_s - предел текучести обрабатываемого материала (продукта коррозии).

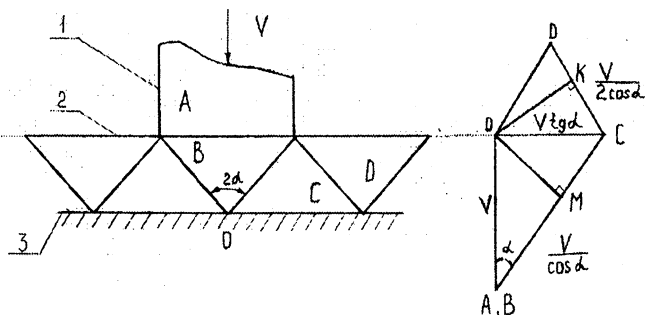


Рис.1. Схема натекания струи на плоскую преграду
1 - струя, 2 - поверхность продукта коррозии, 3 - поверхность металла

В результате проведенной работы можно сделать выводы

1. Разработана математическая модель для расчета силового воздействия струи на преграду, состоящую из слоя продуктов коррозии.

2. Получена зависимость для расчета давления в точке соударения струи с преградой, учитывающая физико-механические свойства разрушаемого материала (ρ и σ_s) и скорость струи V , воздействующей на преграду.

Литература

1. Агасарян, Р. Р., Дохинян, Р. Т. Струйно-абразивная обработка металлов/ Ереван: АрмНИИТИ, 1990. – 51 с.
2. Меркулов, В. Н. Перспективные процессы гидрообработки материалов в машиностроении/ Киев: УкрНИИТИ, 1987. – 10с.
3. Тихомиров, Г. А., Бабанин, В. Ф., Петухов, Е. Н., Стариков, И. Д., Ковалев, В. А. Гидрорезание судостроительных материалов/ Л.: Судостроение, 1987. – 164 с.
4. Работнов, Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела/ М.: Наука, 1988. – 654 с.
5. Сторожев, М. В., Попов, Е. А. Теория обработки металлов давлением/ М.: Машиностроение, 1977. – 420 с.
6. Томленов, А. Д. Теория пластического деформирования металлов/ М.: Металлургия, 1972. – 408 с.

УДК 622.7

Интенсификация процесса обогащения сильвинитовой руды

Ледян Ю.П., Селивончик В.В., Бессолова Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Основным технологическим процессом, применяемым для обогащения полезных ископаемых, является флотация. Этот процесс основан на различной смачиваемости добываемого минерала и пустой породы. Перед флотацией измельченную руду обрабатывают специальными реагентами, в результате чего добываемый минерал становится гидрофобным, а частицы пустой породы гидрофильными. Во флотационной машине (ФМ) создается пена и гидрофобные частицы (извлекаемый

минерал), поднимаются на поверхность вместе с пузырьками воздуха, а гидрофильные частички пустой породы опускаются на дно. Пенный продукт представляет собой концентрат добываемого минерала.

В настоящее время существует три основных типа флотационных машин: 1. пневматические; 2. флотационные машины со струйной аэрацией; 3. механические.

Во флотационных машинах пневматического типа пена создаётся за счёт воздуха, подаваемого в машину с помощью компрессора. Поступающий в машину воздух, дробится в аэраторе на пузырьки размером 1-3 мм и барботируется сквозь пульпу создавая на её поверхности пену. Гидрофобные частицы (извлекаемый минерал) прилипают к перемешивающимся вверх пузырькам и увлекаются в виде пены в пеноприёмник.

В последние годы достаточно широкое распространение получили флотационные машины со струйными аэраторами. Струя воды при вхождении её в жидкость увлекает за собой большое количество воздуха, который образует многочисленные пузырьки, создающие в объёме флотокамеры пену.

Камерный продукт, который представляет собой пульпу, содержащую как гидрофильные частицы, так и частицы извлекаемого минерала, с помощью насоса подаётся на циркуляцию через струйный аэратор камерного продукта. Специальный пеносъёмник обеспечивает удаление из флотокамеры пенного продукта. Применяются также в горнодобывающей технике комбинированные флотационные машины, в которых пузырьки воздуха создаются как за счёт вращающегося импеллера, так и за счёт струйной аэрации.

На горнодобывающих предприятиях бывшего СССР наибольшее распространение получили механические флотационные машины. В машинах этого типа пена создается с помощью механического импеллера. Используются импеллеры самых различных конструкций. Большинство импеллеров по своей конструкции и принципу действия практически ничем не отличаются от рабочего колеса центробежного насоса. Под воздействием импеллера пульпа циркулирует внутри машины и насыщается мелкодисперсными пузырьками воздуха, которые

всплывают на поверхность, увлекая за собой частицы извлекаемого минерала.

Флотация хлорида калия на ПО “Беларуськалий” осуществляется в многокамерных флотационных машинах, каждая из которых состоит из отдельной камеры и флотационного блока.

Флотационный концентрат (пенный продукт), находящийся на поверхности пульпы каждой флотационной камеры сливается самотёком в общий жёлоб. Пенный продукт представляет собой густую пену, состоящую из мелкодисперсных частиц хлорида калия и пузырьков воздуха.

Сливающаяся в жёлоб пена разбавляется маточным раствором, что приводит к разрушению пузырьков воздуха и образованию пульпы, состоящей из твёрдых частиц хлорида калия и маточного раствора. В этой же пульпе имеется некоторое количество частичек хлорида натрия, механически унесённых пузырьками воздуха. Поэтому пульпа направляется на повторную флотацию (перечистку). Для повышения качества флотоконцентрата на обогатительных фабриках он проходит тройную перечистку, т.е. подвергается флотации 3 раза.

Проводящиеся в БНТУ многолетние исследования по изучению процесса флотации позволили разработать способ интенсификации флотации. Сущность этого способа состоит в том, что создание пены в поверхностном слое осуществляется с помощью специально разработанных струйных аэраторов, представляющих собой форсунки с эжекционным подсосом атмосферного воздуха. Степень аэрации струи воздухом сравнивалась с аэрацией струи, подаваемой через сопло традиционной формы.

На первой стадии исследований опыты проводились на масштабной гидравлической модели флотокамеры, а в качестве модельной жидкости использовалась техническая вода. Вторая стадия исследований осуществлялась на маточном растворе.

Струя воды, подаваемая через специальную форсунку, создаёт достаточно большой объём мелкодисперсной пены, заполняющей флотокамеру. На начальной стадии исследований необходимо было выяснить механизм аэрации объёма жидкости пузырьками воздуха. С этой целью осуществлялось фотографирование струи воды, подаваемой через форсунку с

разными расходами и скоростями. Было установлено, что уже на расстоянии 3-4х сантиметров от торца форсунки поверхность струи, имеющая на выходе из форсунки цилиндрическую форму, приобретает большое количество выступов и впадин, что и является одной из причин аэрации пульпы воздухом.

Для повышения степени аэрации была разработана специальная форсунка-аэратор, создающая пену в поверхностном слое пульпы. Для проведения экспериментов были изготовлены форсунки, конструкция которых с помощью специальных вставок позволяет изменять диаметр струи.

На второй стадии экспериментов исследования проводились на маточном растворе третьей обогатительной фабрики ПО “Беларуськалий”. Благодаря наличию ряда реагентов раствор позволяет создать плотную устойчивую пену по всему объёму гидравлической модели флотокамеры.

В ходе проведенных исследований изучалась аэрация струи при подаче её через разработанную форсунку и через традиционное сопло, представляющее собой цилиндрический насадок. Процесс флотации изучался на масштабной гидравлической модели флотационной камеры. Эксперименты проводились на флотоконцентрате ПО “Беларуськалий”. Перед использованием концентрат тщательно перемешивался с помощью специальной мешалки для предотвращения его расслаивания и дополнительно вспенивался. Разработанная форсунка обеспечивает создание мелкодисперсной пены по всему объёму модели флотокамеры.

Исследован также способ двухкаскадной флотации, при котором черновой флотоконцентрат подвергается двойной флотационной очистке с использованием пены.

В ходе проведения исследований форсунки и сопла для аэрации струями пульпы контролировался расход воды через форсунку и расход воздуха. Расход воды определялся с помощью мерной ёмкости, а расход воздуха с помощью водяного колокола по скорости вытеснения из колокола воды. Установлено, что расход аэрированного воздуха зависит не только от расхода воды, подаваемой в форсунку, но и от расстояния форсунки от поверхности жидкой фазы. Суммарный объём пузырьков воздуха, находящегося в жидкости, заполняющей модель, определялся по понижению уровня

жидкости в модели после прекращения подачи аэрированной струи и полного разрушения пены. С увеличением расстояния от форсунки до поверхности пульпы расход аэрированного воздуха возрастает. Весьма важным фактором является также зависимость соотношения расходов воздуха и воды от расхода воды. Исследования проводились на воде и на маточном растворе, как для форсунки, так и для сопла. Именно соотношение расходов воздух-вода и определяет степень аэрации струи. Сравнение результатов, полученных для жидкостно-воздушной форсунки с результатами, полученными для обычного сопла, показывает, что при одинаковых расходах воды соотношение расходов воздух-вода для форсунки значительно больше, чем для сопла, что связано очевидно, с особенностью конструкции форсунки. Так, при прочих равных условиях, максимальное соотношение расходов воздух-вода для форсунки составляет 1,3, а для сопла всего лишь 0,13.

УДК 556

Кривые редукции дождевых осадков по времени по Минской гидрометеорологической станции

Юхновец В.М., Шаталов И.М., Артамонов И.А.
Белорусский национальный технический университет

Ординаты кривых редукции входят расчетным элементом в формулу по определению нормативных значений расходов дождевых паводков на малых водосборах. Расчетные значения расходов характеризуются нормативной обеспеченностью P , выражаемой в процентах ($P, \%$) и принимаемой по действующим строительным нормам.

Ордината кривой редукции дождевых осадков по времени t $\Psi(H_{1\%,t})$ представляет собой отношение

$$\Psi(H_{1\%,t}) = \frac{H_{P,t}}{H_{1\%}} \quad (1)$$

где $H_{1\%}$ - суточный слой дождевых осадков обеспеченностью, равной одному проценту ($P = 1\%$);

$H_{p,t}$ – слой осадков разной обеспеченности P % и продолжительности дождей t (продолжительность t выражают в минутах).

В зависимости от расчетного времени выпадения дождя t в формулу вводится необходимое значение ординаты $\Psi(H_{1\%,t})$.

Ранее выполненные нами исследования позволили получить значения $H_{1\%}$ по данным наблюдений за дождевыми осадками на всех гидрометеорологических станциях Республики Беларусь за весь период наблюдений. По результатам этих исследований составлена карта, на которой значения $H_{1\%}$ представлены в виде изолиний, рис. 1.

Целью настоящей работы является получение значений $H_{p,t}$.

Для получения значений $H_{p,t}$ выполнена обработка записей всех дождей (плювиограмм) плювиографом за 30 лет – с 1971 г. по 2000 г. (самописец работает на Минской гидрометеостанции с 1971 г.) . Обработка состояла в анализе интенсивностей дождей (мм/мин) по разным временным интервалам, измеряемым в минутах – 10, 20, 40, 60, 90, 150, 300, 720, 1440, 2880 минут.

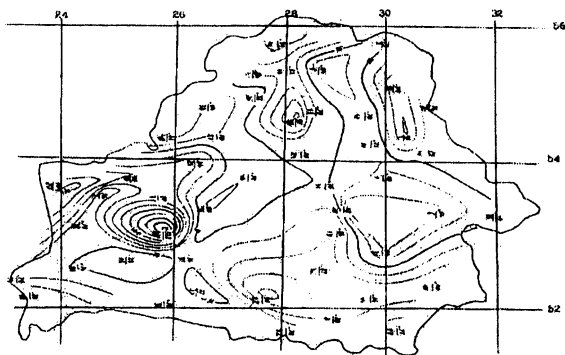


Рисунок 1. Значение суточного слоя дождевых осадков обеспеченностью 1%

Плювиограммы позволили получить слои осадков за каждый временной интервал по каждому дождю за весь период, равный 30 годам. Из полученного на основе указанного анализа массива

данных наблюдений выстроился один максимум в году по каждому временному интервалу. При этом имелось ввиду условие, чтобы за больший интервал времени был и больший слой дождевых осадков. Таким образом, были составлены статистические ряды дождевых осадков по каждому временному интервалу и эти ряды подверглись статистической обработке с использованием кривых распределения вероятностей. Известным способом на клетчатках вероятностей строились эмпирические кривые обеспеченности, чтобы затем, опираясь на них, подобрать теоретические кривые распределения, которые необходимы для экстраполяции эмпирических (базовых) кривых в область расчетных обеспеченностей P , %. Из теоретических кривых распределения использовались кривые трехпараметрического гамма-распределения и они подбирались по параметрам — коэффициенту вариации C_v и коэффициенту асимметрии C_s (использовалось отношение C_s/C_v). Коэффициенты определялись по данным наблюдений.

Теоретическая кривая распределения являлась подобранной, если она ложилась на эмпирическую кривую. В качестве примера, иллюстрирующего сходимость обеих кривых распределения, приведен рисунок 2.

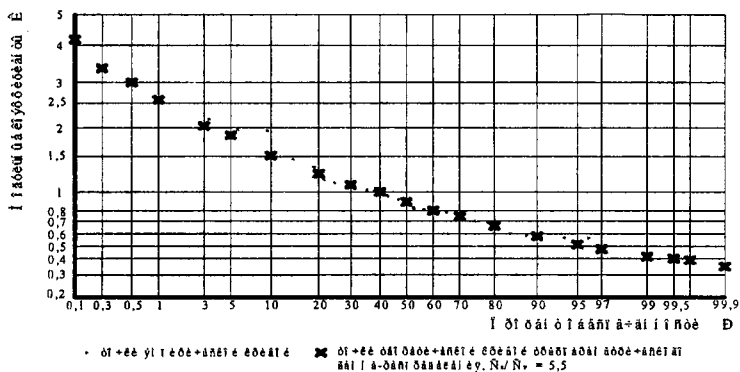


Рисунок 2. Кривые обеспеченности слоя дождевых осадков для одного из временных интервалов

По подобранным теоретическим кривым распределения определялись слои дождевых осадков разной обеспеченности P , % по всем временным интервалам.

В транспортном строительстве расчетная обеспеченность расходов воды P чаще всего находится в пределах (1...3)%. Для этих обеспеченностей в таблице 1 в качестве примера приведены определенные по подобранным теоретическим кривым распределения значения слоя осадков $H_{p,t}$ по всем временным интервалам

Таблица 1

Временной интервал, мин		$H_{p,t}$, мм								
		10	20	40	60	90	150	300	720	1440
обеспеченность	$P=1\%$	21.3	34.7	47.6	53.2	62.5	72	83	90	104
	$P=3\%$	16.6	26	35.8	39.3	45.3	52.2	60	64	74.2

На рисунке 3 представлены графики связи $H_p = f(t)$ для разных обеспеченностей. Эти кривые в свою очередь позволяют определять значения $H_{p,t}$ при любой продолжительности дождя t в пределах одних суток, а следовательно, и при расчетной продолжительности.

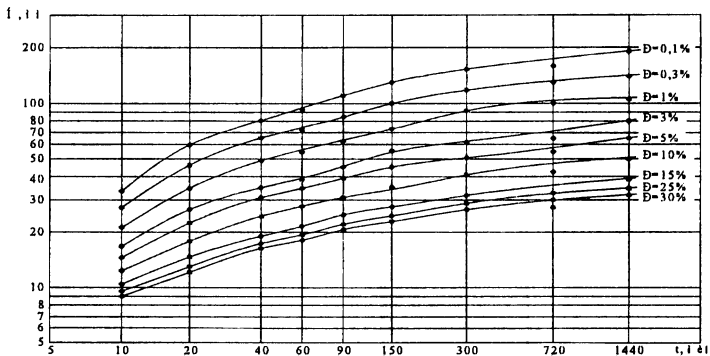


Рисунок 3. Графики связи $H_p = f(t)$

Если ординаты $H_{p,t}$, снятые с кривых на рисунке 3, разделить на установленное по рисунку 1 значение $H_{1\%}$, то получаем искомое значение ординаты кривой редукции $\Psi(H_{1\%,t})$.

Вывод

В результате выполненного исследования получены значения слоев дождевых осадков разной обеспеченности и разной продолжительности ($H_{p,t}$). Эти данные можно использовать в расчетах расходов дождевых паводков на водосборах в окрестностях г. Минска.

УДК 620.4539.37

Методика расчета динамического предела текучести при одноосном растяжении материалов инерционной нагрузкой

Качанов И.В., Степашко М.В., Шарий В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Использование материалов в условиях ударных нагрузок, а также разработка новых технологических процессов, основанных на применении импульсного нагружения, требуют знания динамических характеристик материала, в частности предела текучести σ_T и постоянной пластичности k в условиях нагружения при температуре штамповки. Однако использование предела текучести, полученного при статических испытаниях $\sigma_{T,ст.}$ приводит к существенным ошибкам в расчетах, так как в ряде случаев динамический предел текучести $\sigma_{T,д.}$ в 2-3 раза превышает статический. К тому же, известно, что предел текучести не может быть использован в расчетах как некоторая константа, так как его значение зависит от скорости нагружения. Для целого ряда материалов величина $\sigma_{T,д.}$ вообще не определена, что весьма осложняет расчеты технологических процессов [1, 2].

В данной работе предлагается методика расчета динамического предела текучести при скоростном растяжении образца инерционной нагрузкой. Для создания указанной инерционной нагрузки предварительно нагретые образцы деформировались по схеме ударного выдавливания на установках импульсного действия [1, 2].

Поскольку в процессе деформирования скорость пуансона имеет затухающий характер, то это приводит к замедленному движению (с отрицательным ускорением) стержневой части на выходе из очка матрицы. Результатом такого движения является формирование инерционной растягивающей нагрузки, под действием которой происходит шейкообразование или разрушение изделия по схеме одноосного растяжения [3].

Для проведения расчета используем кинематически возможное разрывное поле скоростей, состоящее из жестких однородных блоков 0,1,2,3.(рис. 1). Процесс растяжения можно представить как мгновенную задержку верхней части профиля силами сопротивления деформации, возникающими при выдавливании заготовки через очко матрицы. Тогда зона «1» после отрыва продолжает движение со скоростью v_{01} .

Мощность внешних активных сил, определяемая как произведение удельного усилия растяжения $q_{дин}$ на параметры поля a , b и на скорость v_{01} отрывающейся части образца

$$W_a = q_{a\dot{\epsilon}t} \cdot 2ab \cdot v_{01} , \quad (1)$$

расходуется на преодоление внутренних реактивных сил, создающих сопротивление пластической деформации при растяжении, где $q_{дин}$ - динамическое удельное усилие растяжения.

Уравнение мощности внутренних реактивных сил имеет вид:

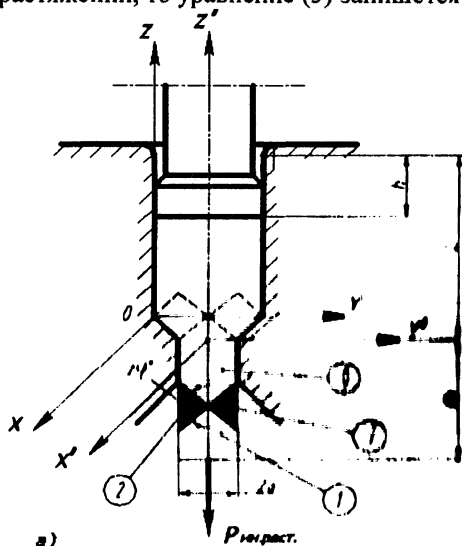
$$W'_{a\dot{\epsilon} \delta \cdot \delta} = W'_{\delta\dot{\alpha}\dot{\epsilon}\delta} + W'_{a\dot{\epsilon}t \cdot \delta} , \quad (2)$$

где $W'_{разр.}$ - мощность сил собственного сопротивления скольжения на поверхностях разрыва скорости;
 $W'_{дин. р.}$ - мощность динамического воздействия на поверхностях разрыва скорости.

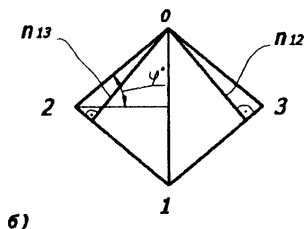
Величина удельных усилий, затраченных на динамическое растяжение образца, находится из равенства мощностей внешних и внутренних сил при учете, что v_{01} - скорость движения блока 1. Тогда, учитывая сказанное, получим

$$q_{\text{дин}} = \frac{4}{3} \sqrt{3} \cdot K + \frac{1}{3} \rho \cdot v^2, \quad (3)$$

где $q_{\text{дин}}$ - удельное усилие растяжения при динамическом нестационарном течении, ρ - плотность материала, v - скорость течения материала. Если учесть, что динамическое удельное усилие $q_{\text{дин}}$ представляет собой динамическое напряжение $\sigma_{\text{дин}}$ при скоростном растяжении, то уравнение (3) запишется



а) *Годограф скоростей*



б)

Рисунок 1. Схема нагружения образцов, принятая для анализа процесса одноосного растяжения инерционной нагрузкой. Кинематически возможное поле линий скольжения (а) и его годограф скоростей (б)

$$q_{a\dot{e}i} = \sigma_{a\dot{e}i} = \frac{4}{3}\sqrt{3}k + \frac{1}{3}\rho v^2 = \frac{4}{3}\sigma_{\dot{\nu}0} + \frac{1}{3}\rho v^2, \quad (4)$$

где $\sigma_{\dot{\nu}0} = \sqrt{3}k$ - статический предел текучести, определяемый по критериальной зависимости Губера – Мизеса.

При определении динамического предела текучести $\sigma_{т.д.}$ примем во внимание выводы, изложенные в [4]. Автор этой работы отмечает, что при ударном растяжении материалов, нагретых до температуры штамповки, динамический предел текучести $\sigma_{т.д.}$ достаточно близок к динамическому пределу прочности $\sigma_{в.д.}$ и при испытаниях практически не выявляется. Учитывая сказанное, при определении величины $\sigma_{в.д.}$ будем исходить из условия, что $\sigma_{т.д.} = \sigma_{в.д.}$, т.е., устанавливая по (4) величину $\sigma_{дин} = \sigma_{в.д.}$, считаем, что полученные результаты без большой погрешности можно использовать для определения динамического предела текучести $\sigma_{т.д.}$ исследуемых материалов.

Выводы

1. Из уравнения баланса мощностей внешних и внутренних сил получена зависимость для определения динамических напряжений $\sigma_{дин.}$ в образце при одноосном растяжении выдавливаемого стержня силами инерции.
2. Будучи полученной для условий одноосного растяжения, величина $\sigma_{дин.}$ может быть использована для определения динамического предела текучести $\sigma_{т.д.}$ и постоянной пластичности k исследуемых материалов.

Литература

1. Качанов, И.В. Скоростное горячее выдавливание стержневых изделий. /Под ред. Л.А. Исаевича – Мн.: УП «Технопринт», 2002.- 327с.- ISBN 985 – 464 – 225 – 9.
2. Волошенко-Климовицкий, Ю.А. Динамический предел текучести. – М.: «Наука», 1965. – 179с.
3. Исаевич, Л.А., Качанов, И.В., Кондратюк В.Ф. Экспресс-метод динамических испытаний материалов на одноосное растяжение //Инженер-механик. 2002 - №2(15). – с.9 – 12.
4. Жученко, А.Н. Влияние сил инерции на процесс высокоскоростного выдавливания поковок //Высокоскоростная объемная штамповка. – М.: Машиностроение, 1969. – с.59 – 84.

По своим возможностям данная технология превосходит кислородную резку и вполне конкурентно способна с лазерной резкой в диапазоне толщины от 4 до 20 мм (качество реза определяется по DIN EN ISO 9013) обеспечивая вырезку деталей не требующую последующей дополнительной механической обработки.

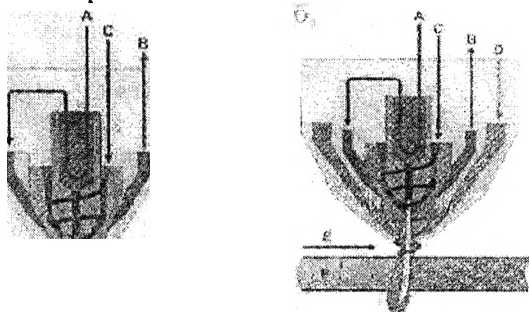


Рис. 1. Схема плазматрона плазменной резки: а — традиционная; б — узкоструйная; А, В — поток охлаждающей жидкости; С — плазмообразующий газ; D — вихревой газ

Отличительной особенностью «узкоструйной» плазменной резки является использование дополнительного вихревого газа (Рис. 1б), который повышает стабилизацию и обжатие струи плазмы. Одновременно, наличие дополнительного колпачка вихревого газа улучшает защиту рабочего сопла и катода.

Применение современных инверторных источников тока с компьютерным управлением параметрами тока и газов, современной конструкции плазматронов с катодами с гафниевой или вольфрамовой вставкой обеспечивает:

- вырезку деталей из любых электропроводных металлов;
- вырезку деталей толщиной до 10 мм с качеством лазерной резки;
- вырезку деталей толщиной до 160 мм;
- отсутствие граты на кромках деталей;
- хорошую поверхность реза;
- малый угол скоса кромок;
- уменьшение тепловых деформаций;

- качественную вырезку деталей с острыми кромками и отверстий с малыми диаметрами;
- нанесение разметки и маркировки;
- высокую стойкость расходных материалов.

Применение в качестве плазмообразующего газа кислорода позволяет повысить скорость резки углеродистых сталей на 15-20%, улучшить качество поверхности реза и обеспечить защиту кромок деталей от азотирования.

Использование в качестве плазмообразующего газа смеси аргона и водорода позволяют получать высококачественную резку нержавеющей сталей и алюминиевых сплавов.

Реализация технологии резки над водой (разрезаемый лист располагается на высоте 30-50 мм под уровнем воды) уменьшает выделение в окружающую среду газов и, как следствие, позволяет уменьшить мощность необходимых вентиляционных установок. Принципиальная схема современной стационарной установки для плазменной резки дана на рис. 2.

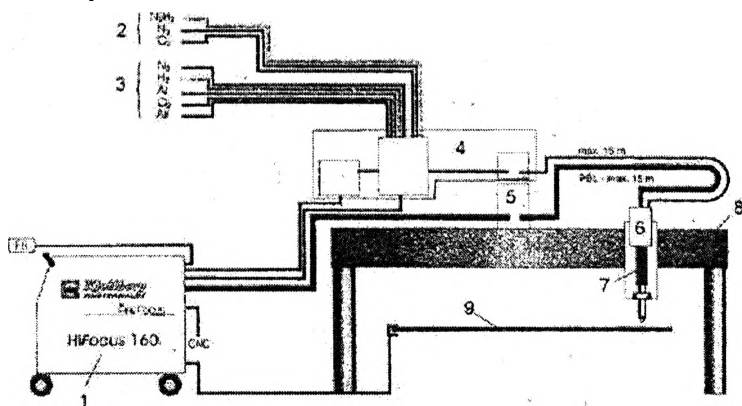


Рис. 2. Схема современной механизированной установки для плазменной резки. 1 – источник тока; 2 – вихревые газы; 3 – плазмообразующий газ; 4 – газовая консоль; 5 – устройство промежуточного поджига; 6 – устройство подключения плазматрона; 7 – плазматрон; 8 – портал машины тепловой резки; 9 – разрезаемый лист (заготовка)

Расстояние от источника тока до рабочей зоны может составлять до 50 метров. Применение специального устройства

для подсоединения плазматрона на поперечной каретке и быстросъёмной головки плазматрона улучшают условия эксплуатации машин для тепловой резки и существенно сокращают потерю времени при замене быстроизнашивающихся деталей.

В таблице 1 приведены основные технические характеристики ряда современных установок для плазменной резки. Как видно из таблицы современные установки обеспечивают резку, практически, всего диапазона толщин металлов, используемых в судостроении.

Таблица 1

Тип установки	Режущий ток	Толщина разрезаемого Me	Скорость резки	Плазмообразующий газ	Вес	Габаритные размеры LxVxH
	A	мм	мм/м			
HiFocus SOi	20-80	0,5-20,0	450-600	Воздух O ₂ , N ₂ Ar, H ₂	161	970x510x970
HiFocus 130	20-130	0,5-25,0	850		251	960 x 540 x 1050
HiFocus 160i	20-160	0,5-50,0	1400		196	960 x 540 x 1050
FincFocus	80 -300	5,0-80,0	2000		566	1320x844 x 1470
HT2000	50-200	1,0-50,0	1400		364	1040x710 x900
HPRI30	30-130	0,5-38,0	1045		317	1079x568x967
HPR260	30-260	0,5-64,0	2170		567	1190x820x

* скорость резки дана для конструкционной стали толщиной 20мм

Современная технология плазменной резки базируется, как правило, на обобщении экспериментов, применительно к конкретным задачам промышленности. В связи с этим представляется целесообразное построение математических моделей процесса, позволяющих оценивать и оптимизировать влияние на эффективность резки следующих основных групп факторов:

1. энергетических параметров дуги;
2. типа и расхода плазмообразующих газов;
3. конструкции плазматрона.

Разработка математических моделей процесса плазменной резки позволит также устанавливать оптимальные параметры процесса для резки различных металлов.

Литература

1. Сайт www.rjellberg.de
2. Сайт www.hypertherm.com

Определение времени прохождения волны прорыва через створ гидроузла при размыве и деформации плотины

Карпенчук И.В., Стриганова М.Ю.

Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь

Основными гидротехническими сооружениями (ГТС), разрушение которых приводит к гидродинамическим авариям, относятся плотины, водозаборные и водосбросные сооружения, шлюзы. При их аварии катастрофическое затопление заключается в стремительном затоплении местности волной прорыва. Таким образом, при расчете параметров волны прорыва, определение времени опорожнения водохранилища (времени прохождения волны прорыва через створ разрушенной плотины) является важным фактором.

В настоящее время методика определения времени прохождения волны прорыва через створ разрушенной плотины весьма приблизительны и не точны. В предлагаемом расчете времени опорожнения водохранилища принят самый неблагоприятный случай – то есть перелив начинается по всему фронту плотины с учетом того, что длина плотины в динамике размыва будет уменьшаться по высоте и длине. Прохождение волны прорыва через створ разрушенного (разрушаемого), является движением неустановившимся, при котором изменяется напор (водохранилище опорожняется). Коэффициент расхода прорана (бреши) непостоянен, т.к. он зависит от соотношения напора и высоты водослива, а значит, от высоты размываемой плотины, которая изменится от H (напор в начале разрушения) до 0.

Предлагается следующая методика определения времени прохождения волны прорыва через створ разрушаемой плотины (времени полного опорожнения водохранилища) с учетом изменения формы и размеров бреши в течение времени. Форма зеркала водохранилища может быть произвольной, но пропорциональной площади при последовательном опорожнении. В этом случае

$$\frac{\Omega_{\text{св}}}{\Omega} = \frac{I^2}{Z^2}, \quad (1)$$

где $\Omega_{\text{зерк}}$ - площадь зеркала водохранилища до опорожнения;
 Ω - текущая площадь водохранилища при опорожнении;
 H - напор на гидроузле до опорожнения;
 Z - высота размываемой плотины (текущая координата).

По фронту плотина делится на три участка по высоте, площадь которых принимается прямоугольной.

Время опорожнения водохранилища определяется по известной формуле для опорожнения при переменном напоре и переменной площади горизонтального сечения резервуара

$$t = \int_{z_1}^{z_2} \frac{\Omega dz}{\mu \varpi \sqrt{2gz}}, \quad (2)$$

где Ω - площадь горизонтального сечения;
 μ - коэффициент расхода отверстия;
 ϖ - площадь отверстия;
 z и z - начальная и конечная вертикальные координаты.

В рассматриваемом случае эта формула будет иметь вид:

$$t = \int_0^H \frac{\Omega dz}{m \varpi \sqrt{2gz}}, \quad (3)$$

где Ω - текущая площадь зеркала водохранилища;
 m - коэффициент расхода водослива (прорана); водослив принимается трапециидального профиля по сечению плотины;
 ϖ - текущая площадь живого сечения прорана;

$$\varpi = h \cdot b, \quad (4)$$

где $h = H/3$;

b - промежуточная ширина плотины в каждом из трех участков по высоте, на которые разбита плотина по фронтальному сечению;

H - начальный напор на водохранилище;

Из условия подобия

$$b = \frac{B \cdot Z}{H}, \quad (5)$$

где B - ширина плотины по фронту.

Интегрирование, как сказано ранее, разбиваем на три равных участка по высоте плотины. Вследствие размыва и деформации тела плотины коэффициент расхода на каждом участке будет иметь свое значение.

Многочисленными экспериментами установлено, что при размыве плотины низовой откос деформируется и приобретает конфигурацию водослива практического профиля. На каждом участке интегрирования коэффициент расхода будет иметь свое значение, т.к. будет происходить размыв и деформация тела плотины. При переливе через гребень плотины низовой откос плотины будет деформировался и приобретать форму везвакуумного водослива практического профиля, повторяющего форму струи потока. Принятая расчетная схема деформации и размыва плотины представлена на рисунке 1.

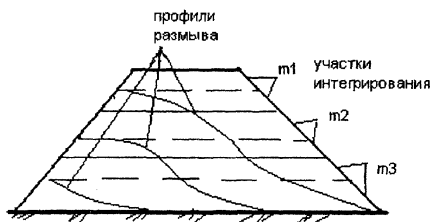


Рис. 1. Расчетная схема деформации и размыва тела плотины

Безвакуумный водослив практического профиля очерчен по линии свободной струи и рассчитывается по координатам Кригера-Офицера.

Коэффициент расхода на каждом участке интегрирования определяется как для водослива очерченного по координатам Кригера - Офицера для профиля с наклонной верховой гранью

$$m = 0,48(0,805 + 0,31 \frac{H}{H_{i0}}), \text{ при } \frac{\dot{I}}{I_{i0}} = 0,1 \dots 0,5, \quad (6)$$

$$m = 0,4820 \sqrt{\frac{H}{H_{\text{пр}}}} \text{ при } \frac{i}{i_{\text{пр}}} > 0,5, \quad (7)$$

где H – напор при переливе и размыве плотины;

$H_{\text{пр}}$ – профилирующий напор, который для безвакуумных водосливов практического профиля принимается равным максимальному напору.

Проведя интегрирование на каждом конкретном участке в соответствии с (2) и при учете (1). В общем случае время опорожнения водохранилища на каждом из трех участков по высоте плотины равно

$$t = \int_0^H \frac{\Omega_{\zeta \dot{\alpha} \dot{\delta} \dot{\epsilon}} z^2 dz}{H^2 m \omega \sqrt{2yz}}, \quad (8)$$

$$t = \frac{\Omega_{\zeta \dot{\alpha} \dot{\delta} \dot{\epsilon}}}{i^2 m \omega \sqrt{2y}} \int_0^H \frac{z^2}{\sqrt{z}} dz. \quad (9)$$

После интегрирования с учетом (4) и (5), суммирования и преобразований общее время опорожнения водохранилища или прохождения волны прорыва через створ разрушенной плотины (ГТС) равно

$$t = \frac{4,5 \Omega_{\zeta \dot{\alpha} \dot{\delta} \dot{\epsilon}}}{\dot{A} \sqrt{2gH}}. \quad (10)$$

Полученная формула по структуре проста, а по применимости уникальна. До настоящего времени опорожнение водохранилища при разрушении плотины не рассматривалось при условии неустановившегося движения, с учетом изменения коэффициента расхода. Предложенная методика еще уникальна и тем, что форма зеркала водохранилища может быть произвольной.

Предложенные расчеты могут быть использованы в отечественной практике по определению основных параметров «волны прорыва» при прогнозировании последствий ее прохождения по водотоку при разрушении гидродинамически опасных объектов на территории Республики Беларусь.

Оглавление

Технические и прикладные науки

Электроэнергетика	3
Теплоэнергетика	49
Энергетическое строительство	85
Информационные технологии и автоматизация	103
Разработка месторождений полезных ископаемых	158
Горные машины	162
Металлургические технологии	173
Порошковая металлургия, сварка и обработка материалов давлением	182
Материаловедение в машиностроении	210
Строительные и дорожные машины	214
Информационно-измерительная техника и технологии	232
Опτικο-электронные и лазерные приборы и системы	245
Автомобилестроение	254
Двигателестроение	262
Гидропневмоавтоматика	270
Эксплуатация автомобильного транспорта	278
Инженерная графика	298
Экономика и управление на транспорте	312
Строительство и эксплуатация дорог и проблемы метрополитена	367
Инженерное обеспечение строительства	390
Судостроение и гидравлика	406

Научное издание

НАУКА-
ОБРАЗОВАНИЮ,
ПРОИЗВОДСТВУ,
ЭКОНОМИКЕ

Материалы Четвертой международной
научно-технической конференции

В 2 томах

Том 1

Ответственный за выпуск Л.Э. Ляшенко

Подписано в печать 09.11.2006.

Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 24,98. Уч.-изд. л. 19,52. Тираж 150. Заказ 1186.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0131627 от 01.04.2004.

220013, Минск, проспект Независимости, 65.