

ИНЖЕНЕР- МЕХАНИК

№ 1 (74)
январь – март
2017

Республиканский межотраслевой производственно-практический журнал
Издается с июля 1998 года
Выходит один раз в три месяца

Учредитель: Общественное объединение
«Белорусское общество инженеров-механиков»
(ОО «БОИМ»)

Главный редактор Чижик С.А.

Редакционная коллегия: Андреев М.А., Дашков В.Н.,
Дубовик Д.А., Дюжев А.А., Захарик А.М.,
Колпащиков В.Л., Крупец Л.Н., Лягушев Г.С.,
Мариев П.Л., Медвецкий Е.И., Мелешко М.Г.,

Адрес редакции:

220141, Минск, ул. Купревича, 10 (ранее Жодинская, 4)

тел./ факс 203-88-80; 226-73-36

E-mail: mail@boim.by

Свидетельство о регистрации № 1132 от 21.04.1998

Подписной индекс **00139**

Компьютерная верстка Н.В. Райченко

Подписано в печать 23.03.2017.

Формат 60×84/8. Бумага офсетная.

Гарнитура «Таймс». Печать офсетная.

Усл. печ. л. 5,6. Уч.-изд. л. 4,7.

Тираж 200 экз. Заказ №

Цена номера договорная.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика в ЧПТУП
«Колорград»

Лицензия ЛП № 02330/474 от 08.09.2015 г.

220033, г. Минск, пер. Велосипедный, 5, оф. 904.

www.segment.by

СОДЕРЖАНИЕ

Разработки ученых и специалистов

Технология и оборудование переработки кислых гудронов.....	2
Необходима система машин для жилищно-коммунального хозяйства.....	7
Снижения материалоемкости приводов рабочего оборудования траншейно-котлованной машины.....	10

Материалы конференций и семинаров

Управление производственными процессами в мехатронных технологических комплексах.....	18
Безопасность жизнедеятельности – веление времени.....	20
Конструкция сверла со вставками из сверхтвердых материалов для сверления деталей из композитов.....	22
Новая порошковая проволока для восстановительной и упрочняющей наплавки деталей машин преимущественно из среднеуглеродистых сталей.....	24
Анализ дефектов разрушения автосцепки СА-3.....	25
Моделирование и управление технологическими системами с применением искусственного интеллекта.....	26
Производство поликристаллических сверхтвердых материалов на основе синтетических наноалмазов получаемых детонационным способом.....	28
Анализ методов обработки деталей свободным абразивом.....	30
Определение материалов для использования во взрывоопасных зонах (ex).....	31
Розроблення технології відновлювального ремонту зварюванням кожухотрубних теплообмінників.....	33
The renovation technology with combined methods.....	35
Управління ризиками на підприємстві машинобудівної галузі.....	41
Из истории авиации и караблестроения	
Траектория «Стрелы».....	43

УДК 536.246.2

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТКИ КИСЛЫХ ГУДРОНОВ

*Г.И. Журавский**Институт тепло – и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси*

Актуальность проблемы

Одним из самых крупнотоннажных старых отходов нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности являются кислые гудроны.

Кислые гудроны представляют собой высокотоксичные смолоподобные массы, содержащие тяжелые углеводороды, серную кислоту, неорганические примеси и воду.

Это одни из самых мощных источников загрязнения окружающей среды, они складироваются на открытом воздухе в прудах – накопителях, занимающих значительные площади.

Самые большие пруды- накопители кислых гудронов имеются в США, Великобритании, Германии, Бельгии, Голландии, России, Китае и некоторых других странах.

Основная проблема утилизации кислых гудронов заключается в наличии в них больших количеств свободной серной кислоты (иногда до 70 % от их массы).

По некоторым оценкам количество накопленных кислых гудронов в Республике Беларусь составляет около 3,5 млн тонн.

Переработка таких отходов приводит к быстрой коррозии оборудования и невозможности получения кондиционных продуктов.

В настоящее время практические разработки с целью создания эффективной технологии утилизации данного вида отходов в мире находятся либо на стадии экспериментальных исследований и образцов, либо являются незавершенными и не могут быть реализованы в промышленных масштабах.

Вследствие трудностей (тех-

нологических, технических, экономических) утилизации кислых гудронов в последнее время в развитых странах мира способы очистки нефтепродуктов серной кислотой практически не применяются, а для этих целей используются современные гидрогенизационные процессы и методы селективной очистки с помощью растворителей [1–7].

Разрабатываемые направления решения проблемы

В развитых странах мира для переработки кислых гудронов используют высокотемпературное окисление с превращением образующегося диоксида серы в серную кислоту.

Существует технология утилизации кислых гудронов путем подмешивания их в другие углеводороды, например, в мазут. Но в связи с тем, что глубина переработки нефти увеличивается, тяжелых остатков в виде мазута становится меньше и потенциал такой технологии существенно снижается.

Широко рекламируется технология переработки кислых гудронов путем тонкослойного



Фото 1. Вид хранилища кислых гудронов

крекинга в битумные материалы. Однако до настоящего времени данная технология не вышла на уровень промышленного использования (коммерческий уровень).

Одной из основных причин этого, по нашему мнению, являются неудачные теплотехнические решения, положенные в основу технологического процесса.

Представлена также технология, основанная на пиролизе – высокотемпературном разложении органических составляющих кислых гудронов без доступа кислорода. Следует отметить, что этой технологии присущи все недостатки пиролизных систем (низкая энергетическая эффективность, образование высокотоксичных веществ, сложность аппаратного оформления, высокая стоимость оборудования).

Применяемые технологии и оборудование в большинстве своём являются низкоэффективными, материалоемкими либо весьма дорогостоящими.

Направления использования продуктов переработки кислых гудронов не обеспечивают необходимой экологической и экономической эффективности в основном по причине низкого качества получаемых продуктов, а также образования вторичных отходов производства.

Анализ составов кислых гудронов показывает, что в них может содержаться значительное (до 89 %) количество нефтепродуктов, воды (до 50 %), механических примесей (до 60 %), а также других компонентов (органических веществ, серной кислоты и т.п.).

Понятно, что исходный состав гудронов является определяющим в выборе технологии и оборудования для их эффективной переработки.

Кислые гудроны с высоким содержанием нефтепродуктов могут перерабатываться с наибольшей экономической эффективностью, а содержащие большие количества воды требуют при переработке высоких энергетических затрат, особенно, при использовании термических методов.

Новая технология и оборудование переработки кислых гудронов

На основании анализа тенденций развития технологий и оборудования для термической переработки нефтяных остатков, тяжелого нефтяного сырья и нефтяных шламов, а также выявления прогрессивных техниче-

ских решений, которые заключаются в создании новых процессов и оборудования, обеспечивающих не простое уничтожение нефтяных отходов, а вовлечение их в хозяйственный оборот путем получения из них ценных сырьевых и топливных ресурсов, разработана новая термическая технология переработки кислых гудронов.

Новая технология основана на термоллизе органических составляющих кислого гудрона в среде перегретого водяного пара (паровом термоллизе) при температурах 650–700 °С в специальном реакторе.

Продуктами переработки являются жидкие углеводороды, горючий газ и твердый неорганический остаток.

Условно технологический процесс представлен на схеме рис. 1.

Технология основана на обработке отходов перегретым водяным паром при температурах выше 600 °С, в результате чего протекает термическая конверсия (термоллиз) органических составляющих отходов с образованием газообразных, твердых и жидких продуктов.

Технология переработки кислых гудронов реализуется в несколько стадий:

- подготовка гудронов к подаче в реактор термоллиза, заключающаяся в нейтрализации серной кислоты, а также нейтрализации сернокислотного раствора;
- термоллиз нейтрализованного гудрона в реакторе с подачей водяного пара при температурах 650–700 °С;
- вывод из реактора термоллиза твердого остатка, охлаждение его до температуры ниже 60 °С в блоке охлаждения и приемки;
- конденсация газов термоллиза и охлаждение до температуры ниже 100 °С, удаление из блока

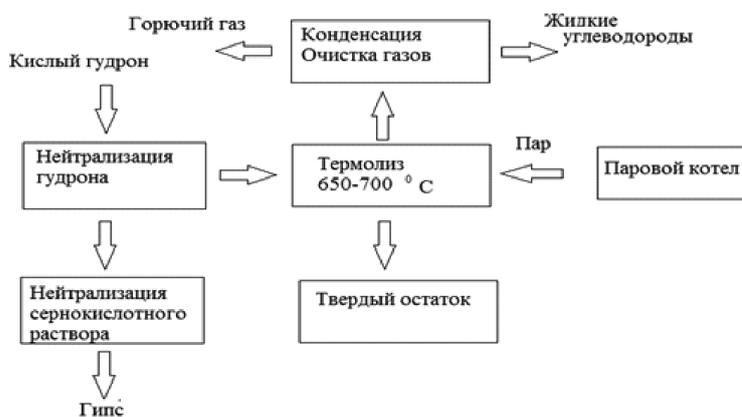


Рис. 1. Схема переработки кислого гудрона

конденсации образующегося конденсата в блок приемки жидких продуктов;

– вывод теплоносителя (продуктов сгорания) из системы обогрева реактора термоллиза, подача их в паровой котел для производства рабочего водяного пара;

Компоновка оборудования для переработки кислых гудронов представлена на рис. 2.

Таблица 1

Технические характеристики оборудования

Характеристика	Ед. изм.	Значение
Производительность	кг/ч	300
Электрическая мощность	кВт	50
Водопотребление и сброс в канализацию	м ³ /ч	0,3
Жидкое топливо	кг/ч	30
Водяной пар	кг/ч	80
Тепловая эффективность	%	70

Из накопителя гудрона (рис. 2) с помощью ковшового погрузчика в блок подготовки загружают кислый гудрон и осуществляют его нейтрализацию.

Учитывая то, что при низких температурах (особенно в зимний период) гудрон представляют собой твердую породу, требуется разогрев его

для снижения вязкости и обеспечения возможности удаления крупных включений (металл, камни, стекло, древесина, полимеры).

Для реализации процесса нагрева гудрона предлагается использование специального оборудования в виде бункера подогрева, обогреваемого горячей водой, в котором установлены специальные механизмы перемешивания (для интенсификации процесса нагрева) и отделения крупных включений.

В качестве теплоносителя для разогрева гудрона используется горячая вода, которая образуется в блоке конденсаторе газов термоллиза. Воду прокачивают через бункер подогрева (трубчатый теплообменник, установленный в бункере) с помощью насоса. Расход воды составляет 800–900 кг/ч. Это вода оборотная, т.е. циркулирует в замкнутом цикле и в окружающую среду не сбрасывается.

Для снижения вязкости гудрон подогревают до температуры не менее $T = 80\text{--}90\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Прошедшую через бункер подогрева воду направляют в кулер, откуда с помощью насоса после охлаждения до температуры $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ возвращают в блок конденсации газов термоллиза.

Нагретый до $T = 80\text{--}90\text{ }^{\circ}\text{C}$ гудрон из бункера

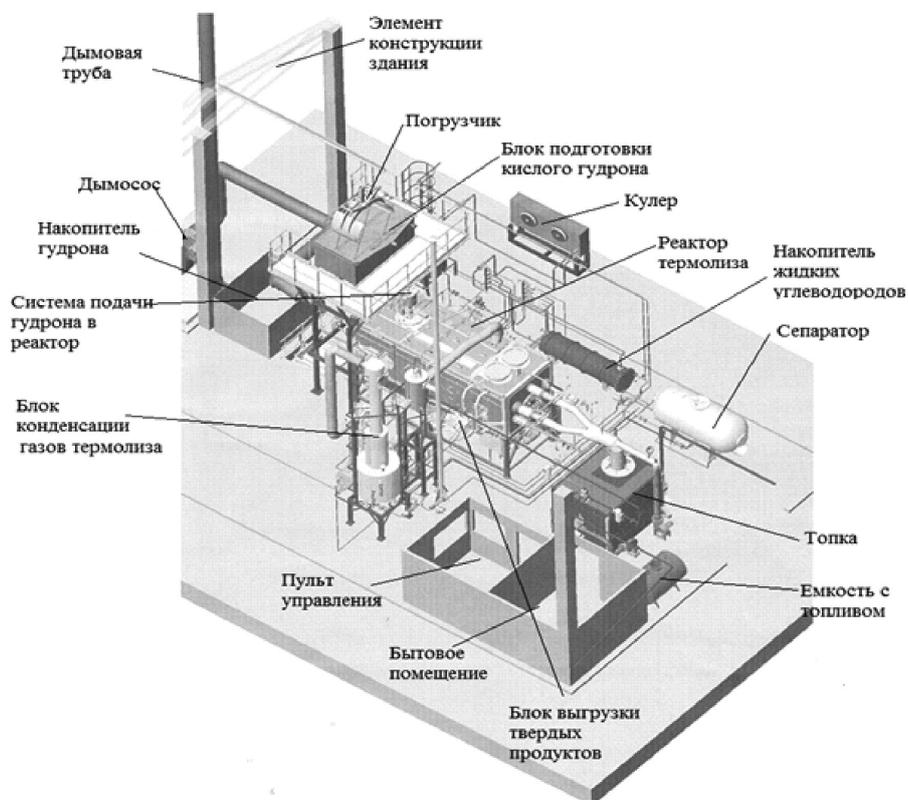


Рис. 2. Схема компоновки оборудования

подогрева в блок подготовки кислого гудрона и осуществляют его нейтрализацию.

Прошедший нейтрализацию гудрон подают в реактор термолитиза, обогреваемый продуктами сгорания, которые подают из топки. При этом одновременно в реактор термолитиза подают водяной пар при температуре 600–650 °С.

В реакторе термолитиза газообразные продукты, которые выделились из гудрона, смешиваются с водяным паром, образуя парогазовую смесь, которую непрерывно выводят из реактора в блок конденсации.

В блоке конденсации газов термолитиза конденсируется водяной пар и часть углеводородов, в результате чего образуется жидкая фаза, содержащая воду и жидкие углеводороды. Жидкую фазу выводят в сепаратор, в котором отделяют воду от жидких углеводородов. Воду через систему фильтрации возвращают в паровой котел для производства рабочего водяного пара, а жидкую фракцию подают в накопитель жидких углеводородов.

Продукты сгорания с помощью дымососа с расходом 900–1000 кг/ч выводят из реактора термолитиза в дымовую трубу.

В случае аварийной ситуации предусмотрены подача в реактор термолитиза азота от системы продувки азотом, а также сжигание газов с помощью системы аварийного сжигания газов термолитиза.

Стадия практической реализации технологии

Новая технология аппаратно оформлена в виде установки для НШ – 300 переработки кислых гудронов, установленной на территории компании ООО «Промышленно-транспортная корпорация» (г. Ангарск, Россия).

Для обеспечения работы установки в качестве материалов используется водяной пар и вода. При этом удельный расход водяного пара ($T = 160$ °С, $P = 0,6$ МПа) составляет 100–300 кг на 1 тонну кислого гудрона, а расход воды 300–400 кг на 1 тонну гудрона. (в зависимости от вида кислого гудрона).

В качестве энергоресурсов используется жидкое топливо (производится в процессе паротермолитиза гудрона, удельная теплота сгорания 40 МДж/кг) в количестве 40–50 кг на 1 тонну гудрона, а также используется электрическая энергия в количестве 60–80 кВт.ч на 1 тонну кислого гудрона (в зависимости от влажности гудрона).

Автоматизированная система управления АСУ ТП НШ – 300 предназначена для управления оборудованием переработки кислых гудронов и состоит из шкафа управления и рабочего места оператора.

В шкафу управления размещено оборудование, обеспечивающее управление необходимого количества электродвигателей приводов, насосов, вентиляторов, электромагнитных клапанов, приводов заслонок. Для этого использованы автоматические выключатели, контакторы, тепловые реле, промежуточные реле управления. В случае необходимости регулирования оборотами электродвигателей использованы преобразователи частоты. Общее энергопотребление шкафа управления – 54 кВт.

Кроме силового оборудования, в шкафу управления размещены промышленный контроллер и модули ввода-вывода аналоговой и дискретной информации. Это оборудование выполняет функции автоматического сбора и обработки информации, а также функции формирования управляющих сигналов, что обеспечивает непрерывность технологического процесса, как в автоматическом, так и в ручном (наладочном) режимах.

Рабочее место оператора представляет собой персональный компьютер, подключенный через локальную сеть Ethernet к промышленному контроллеру, установленному в шкафу управления. На компьютере установлено специальное программное обеспечение (SCADA-система), обеспечивающее сбор и обработку данных в реальном масштабе времени, хранение данных, визуализацию всех параметров и состояния отдельных частей и узлов технологической линии термолитизной переработки нефтяных шламов.

Технологическая линия НШ – 300 на экране монитора представлена в виде мнемосхемы, отражающей внешний вид и функционирование всего оборудования. Оператор имеет возможность управления всеми механизмами как в ручном (отладочном) режиме, так и в автоматическом. На экране монитора в визуальном и цифровом виде представлено состояние всех механизмов – частота оборотов двигателей, положение клапанов и заслонок. В реальном режиме времени выводится информация от датчиков температуры, давления.

В автоматическом режиме осуществляется контроль за значениями всех параметров (температуры, давления, расхода пара). При выходе за границы допустимых значений оператору выводится сообщение и, в зависимости от значения, генерируется сигнал «Внимание» или «Тревога». Также контролируется исправность работы всего оборудования и механизмов – контакторов, частотных преобразователей, двигателей, клапанов.

Автоматические регулирования поддерживают заданные значения контролируемых параметров.

С помощью данного оборудования экспериментально в опытно-промышленных условиях обоснована технология термолизной переработки кислых гудронов.

Экологические показатели технологии

С целью определения экологических показателей технологии переработки кислых гудронов выполнены расчеты рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере и предложены нормативы предельно допустимых выбросов.

По результатам расчетов рассеивания определена зона влияния (расстояние от источника, начиная с которого $C < 0,05$ ПДК) от источника выбросов по следующим веществам и группам суммарии: свинец и его неорганические соединения, ртуть, сульфат, азота диоксид, азота оксид, сажа, диоксид серы, оксид углерода и др. Установлено, что наибольшая зона влияния ($0,05$ ПДК) формируется по диоксиду азота и составляет 340 м.

Максимальные приземные концентрации, превышающие 1 ПДК зафиксированы по диоксиду азота на максимальном расстоянии 32 м от источника выбросов.

Таким образом, при выборе места размещения оборудования переработки кислых гудронов необходимо предусмотреть, чтобы нормируемые объекты располагались не ближе 32 м от источника выбросов.

При соблюдении рекомендаций по охране атмосферного воздуха при работе оборудования переработки кислых гудронов воздействие на окружающую среду будет незначительным.

Анализ результатов исследований показал, что по всем изученным показателям технологический процесс удовлетворяет требованиям охраны окружающей среды. Особенно необходимо отме-

тить, что процесс соответствует международным нормативам по выбросам диоксинов.

Перспективы промышленного использования технологии

Предлагаемый технологический процесс и оборудование переработки кислых гудронов в сравнении с известными технологиями имеет следующие преимущества, которые заключаются в высокой энергетической эффективности за счет низкого удельного расхода энергоносителей, обусловленного интенсификацией теплообмена в реакторе, рециркуляции тепловой энергии, высоких экологических показателей технологии.

Универсальность разработанного оборудования заключается в возможности переработки различных видов нефтяных отходов и их композиций, а также в получении газообразных и жидких углеводородов, твердых продуктов, пригодных для многоцелевого использования (топлива, растворители, сырье для нефтехимии, компоненты строительных материалов и др.).

По стоимости комплект оборудования привлекательнее аналогичных образцов вследствие удешевления его изготовления за счет замены дорогих нержавеющей сталей на простые черные с дешевыми защитными покрытиями, что обусловлено низким температурным уровнем технологического процесса, отсутствием агрессивных сред, низким давлением и высокими экологическими параметрами процесса, достигаемым без применения специальных фильтров и систем обезвреживания выбросов.

Маркетинговый анализ показал, что основными потребителем новой техники и оборудования для переработки кислых гудронов являются предприятия занимающиеся транспортировкой и переработкой нефтяных продуктов.

Список использованных источников

1. Аристархов Д.В., Егоров Н.Н., Журавский Г.И., Полесский Э.П., Шаранда Н.С. Паровой термолиз органических отходов. Минск: Ин-т тепло- и массообмена им.А.В.Лыкова НАН Беларуси, 2001. – 135 с.
2. Журавский Г.И., Матвейчук А.С., Фалюшин П.Л. Получение топлив на основе продуктов парового термолиза органических отходов// Инженерно – физический журнал. 2005. Т.78, № 4, с.58 – 62.
3. Журавский Г.И. Топливо из отходов// Наука и инновации, 2012, № 9, с. 10-13.
4. Журавский Г.И., Матвейчук А.С. Процессы термолиза органических материалов в парогазовой среде // XIV Минский международный форум по тепло- и массообмену. Тезисы докладов и сообщений. 10 – 13 сентября 2012 г., с. 61.
5. Журавский Г.И., Матвейчук А.С. Термические технологии получения топлив из органических отходов // Тезисы докладов и сообщений. 10–13 сентября 2012 г. с. 62, пос. Кацивели, Автономная республика Крым, Украина.
6. Журавский Г.И., Матвейчук А.С., Лисай Н.К. Современные технологии переработки нефтесодержащих отходов// Материалы докладов 45 республиканской научно-технической конференции преподавателей и студентов. Витебский государственный университет. Витебск. 2012, с.114–117.
7. Журавский Г.И., Градов А.С., Сусеков Е.С., Шаранда Н.С. Термолизная переработка нефтяных отходов // Тепло- и массообмен – 2012. Минск: ИТМО им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, 2012, с.25–28.

НЕОБХОДИМА СИСТЕМА МАШИН ДЛЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА

Антон Вавилов, д.т.н., профессор,

Иностраннный член РААСН

Белорусский национальный технический университет

На закупку импортной коммунальной техники уходит немало валюты. Чтобы обеспечить импортозамещение и свести к минимуму закупки коммунальных машин за рубежом необходимо начинать работу с создания системы машин для комплексной механизации жилищно-коммунального хозяйства под современные и перспективные технологии и материалы с учетом их требований. Наличие такой системы позволит отечественному машиностроению, работающему на коммунальное хозяйство иметь прогноз: какие машины будут востребованы и с какими параметрами, чтобы таковые производить, обеспечив импортозамещение. Одновременно работники жилищно-коммунального хозяйства из системы машин получают информацию какая машина может качественно и с наименьшими затратами выполнить технологический процесс при реализации современных и перспективных технологий, максимально сокращая ручной труд.

В СССР была разработана система машин для аграрного сектора и себя оправдала. Предлагается и для жилищно-коммунального хозяйства создать аналогичную систему. Она строится следующим образом.

Под все технологические операции современных и перспективных технологий, выполняемые в каждой отрасли многоотраслевого жилищно-коммунального хозяйства, подбирается соответствующий тип машины. Для выбранного типа машины обосновываются его основные параметры и режимы работы, которые обеспечивают качественное выполнение работ с наименьшими затратами, то есть учитывают все требования современных технологий и применяемых материалов. Тогда станет ясно, что продолжать выпускать старую машину под старую технологию неперспективно, так как она окажется неконкурентоспособной и невостребованной на рынке.

Системой машин предусматривается создание не только машины, но и их комплектов и комплексов, задействуя при этом уже выпускаемые, которые соответствуют современным требованиям.

Это создаст предпосылки к обеспечиванию комплексной механизации путем увязки машин в комплекте по производительности, а также к ликвидации ручного труда.

Система машин позволит развить принцип многофункциональности. Согласно этому принципу одно базовое шасси (автомобиль, трактор, одноковшовый экскаватор, фронтальный погрузчик и т.д.) уже сегодня в республике оборудуется несколькими сменными рабочими органами различного функционального назначения (рис.1), хотя в мировой практике известны базовые шасси, имеющие больше сотни видов сменного рабочего оборудования. Система машин будет содействовать выявлению новых видов оборудования, совмещению выполнения нескольких технологических операций и возможности круглогодичного использования базовых шасси [1.]

На современном этапе выдвигаются высокие требования к технологиям производства работ в жилищно-коммунальном хозяйстве. Не только должно обеспечиваться высокое качество работ при минимуме затрат, но при этом не должно нарушаться экологическое равновесие, особенно в больших городах. Сегодня отходные технологии, способствующие увеличению городских свалок изживаются. Так, до недавнего, организации зеленостроев, обрезая ветки деревьев в парках, дворовых территориях и т.д., в лучшем случае их измельчали и дробленку вывозили на свалки. Нами предложен комплект машин, позволяющий с наименьшими затратами производить такую дробленку [2], доставлять на котельные и получать из нее энергию без предварительной подсушки [3,4]. Такой комплект предлагается включить в

создаваемую систему машин.

8 сентября 2016 года по инициативе кафедры «Строительные и дорожные машины» Белорусского национального технического университета в рамках 24-й специализированной выставки «Будпрагрес» 2016» был проведен республиканский семинар «От системы машин к комплексной механизации строительства». Работа такого семинара еще раз подтвердила необходимость разработки системы машин.



	Ковш с зубьями для земляных работ
	Ковш без зубьев
	Бульдозерный отвал
	Вилы грузовые
	Стрела крановая
	Щетка для уборки территории
	Бульдозерный отвал с изменяемой геометрией
	Челюстной захват

Рис. 1. Фронтальный погрузчик БМЕ-1565 и его сменное навесное оборудование

На этом семинаре большое внимание было уделено повышению качества выпускаемых машин для строительного комплекса Беларуси, к которому относится жилищно-коммунальное хозяйство.

Отмечалась необходимость в более активном использовании метода субконтракции при мелкотиражном производстве машин (к такому производству относятся коммунальные машины). Он позволит максимально снизить издержки и проводить выгодную ценовую политику, вместе с тем сохраняя высокие показатели качества производимой продукции. При такой организации производства головное предприятие — контрактор — отдает на аутсорсинг мелким и средним предприятиям — субконтракторам — производство отдельных элементов конструкции, деталей и узлов.

В плюсе оказываются все участники подобной кооперации. Контрактор сосредотачивает основные усилия на важнейших этапах производства, непосредственно оказывающих влияние на конкурентоспособность товара, избавляясь от непроизводственных издержек, что позволяет уменьшить глубину производства и максимально быстро обновлять модельный ряд. Субконтракторы, конкурируя между собой, достигают совершенства в своей узкой специализации, а также существенно развивают рынок. И контракторы, и субконтракторы таким образом получают шанс занять нишу на внешних рынках. Тем более такие примеры в Беларуси есть.

Одной из причин неконкурентоспособной отечественной мелкотиражной техники является отсутствие тесной связи между конструкторскими бюро завода-изготовителя и производителями-технологами. Так, конструкторы, не зная особенностей технологий, часто создают машины, которые не соответствуют современным требованиям. К тому же развитие новых технологий, применение новых материалов зачастую опережает разработку новых машин для их реализации. Конечные пользователи вынуждены применять уже имеющиеся машины в новых условиях эксплуатации, что неизбежно приводит к увеличению финансовых затрат, снижению произво-

дительности труда и качества выполненных работ.

В качестве примера на семинаре приводилась практика применения наряду с песчано-соляной смесью (ПСС) чистой соли для борьбы с зимней скользкостью на проезжей части дорог и улиц, расход которой на 1 м² значительно меньше, чем ПСС. Производители за неимением специального оборудования, рассчитанного на новый материал (соль), использовали имеющиеся в парке машины для распределения песчано-соляной смеси ПСС (рис.2). В результате увеличение выброса соли стало отрицательно воздействовать на окружающую среду и в первую очередь на зеленые насаждения. Соответственно, возникла необходимость в приобретении импортной техники, что повлекло расходование валютных средств. Разработка собственных вариантов техники для таких специфических нужд запаздывала.

Для уменьшения количества машин в их комплектах, а соответственно снижения затрат на выполнение работ в систему машин необходимо включать машины, совмещающие выполнение нескольких технологических операций. Так при распределении противогололедных материалов обычно применяют комплект машин, состоящий из «пескоча» и погрузчика для загрузки выработанной емкости. Появилась машина, которая совмещает операции транспортировки, распределения материала и его догрузки (рис. 3)



Рис. 2. Машина для распределения противогололедных материалов



Рис. 3. Машина, совмещающая выполнение операций транспортировки, распределения песчано-соляной смеси и ее погрузки

На семинаре представитель ОАО «МИСОМ ОП» высказался за необходимость создания системы машин по средствам малой механизации, так необходимым для строительного комплекса республики и в частности для жилищно-коммунального хозяйства.

Литература

1. Щемелев А.М., А.В.Вавилов, В.М. Пилипенко, Машины для коммунального хозяйства/ А.М. Щемелев, А.В.Вавилов, В.М. Пилипенко// Минск «Стринко» : 2003. 375с.
2. Вавилов А.В. Энергоустановкам ЖКХ-эффективное топливообеспечение /А.В. Вавилов // Живи как хозяин. 2012. №3 с.18-19.
3. Вавилов А.В. Не востребуемые ресурсы в дело / А.В.Вавилов// Энергоэффективность.2014. №12 с.10-11.
4. Вавилов А.В. Эффективное сжигание древесного сырья естественной влажности/ А.В. Вавилов // Энергоэффективность. 2015.№6 с.12-13.

УДК 69.002.5-82

СНИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛОЕМКОСТИ ПРИВодОВ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ТРАНШЕЙНО-КОТЛОВАННОЙ МАШИНЫ

А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, А.И. Герасимюк, В.Ф. Тамело, В.В. Грубеля
Белорусский национальный технический университет

В настоящее время одним из перспективных типов передач мощности от двигателя к рабочему оборудованию инженерных машин является объемный гидропривод рабочего оборудования. При реализации многомоторных приводов ведущие компании – производители гидравлической аппаратуры не уделяют внимания поиску новых принципов и развитию конструкций многопоточных насосных агрегатов, предпочитая выпуск материалоемких и дорогих многопоточных насосов, на базе освоенных в производстве однопоточных насосов.

Рассмотрим материалоемкость насосного агрегата – основной составляющей системы отбора мощности на привод рабочего оборудования на примере известных производителей гидравлической аппаратуры. Основным параметром насосного агрегата является его рабочий объем. Оценим материалоемкость насосного агрегата относительным параметром – удельной массой насосного агрегата:

$$m_{уд} = \frac{M_n}{q_n}, \quad m_{уд.ср.} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_{уд_i},$$

где $m_{уд}$ – удельная масса насосного агрегата, кг/м³; M_n – масса насосного агрегата без рабочей жидкости, кг; q_n – номинальный рабочий объем насосного агрегата, м³; i, n – номер и число анализируемых насосных агрегатов.

Анализ результатов расчета материалоемкости насосных агрегатов (таблица 1) показывает, что усложнение конструктивной схемы приводит к увеличению удельной массы. Так, удельная масса аксиально-поршневого насоса нерегулируемого типа 210, 310 выше удельной массы насоса регулируемого типа НШ на 82 %. Удельная масса аксиально-поршневого насоса регулируемого

типа 313 выше удельной массы насоса нерегулируемого типа 210, 310 на 28 %, и аналогично, увеличение удельной массы аксиально-поршневого насоса регулируемого типа 207 выше удельной массы насоса нерегулируемого типа 210, 310 на 90 %, что свидетельствует о рациональности конструктивной схемы насоса типа 313 по параметру материалоемкости. Разность значений удельной массы насосов регулируемого и нерегулируемого позволит оценить удельную массу систем регулирования и автоматики насоса. Удельная масса насосов регулируемых с наклонной шайбой типа 416 выше удельной массы насосов типа 313 на 67–89 %, что объясняется сложной системой управления насосом и наличием насоса подкачки для работы в закрытом контуре.

Многопоточные насосы, широко применяемые в системах приводов ходового и технологического оборудования инженерных машин, имеют различные параметры удельной массы, определяемые конструктивной схемой многопоточного насоса. Удельная масса двухпоточных насосов 223.20, 223.25, 321.224А, созданных на базе насосов типа 207 выше удельной массы насоса однопоточного типа 207 на 156 % (удельная масса приводов насосов 0,86), и удельная масса этих насосов выше удельной массы насоса типа 313 на 281 %. Удельная масса многопоточных насосов 323.20, 333.20, созданных на базе насосов типа 313 выше удельной массы однопоточных насосов типа 313 на 105 % (удельная масса приводов насосов 0,39). Анализ соотношения удельной массы насосов аксиально-поршневых регулируемых двухпоточных «ВОСН-Rexroth» серии А8VO и однопоточных насосов серии 313 показал, что удельная масса двухпоточных насосов серии А8VO выше удельной массы насосов типа 313 на 51 %.

Таблица 1

Материалоемкость насосных агрегатов

Параметр	Насос нерегулируемый типа НШ							
	10У-3	16Г-3	32УК-3	50А-3	100А-3	250-4		
$q_n, 10^{-6} \text{ м}^3$	10	16	32	50	100	250		
$M_n, \text{ кг}$	1,9	2,9	4,0	7,1	16,5	43,6		
$m_{y\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$	0,19	0,18	0,13	0,14	0,17	0,17		
$m_{y\partial,cp}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$	0,16							
Параметр	Насос аксиально-поршневой нерегулируемый							
	типа 210		типа 310					
	12	28	28	56	80	112	160	250
$q_n, 10^{-6} \text{ м}^3$	11,6	28,1	28,0	56,0	80,0	112,0	160,0	250,0
$M_n, \text{ кг}$	4,0	8,1	9,0	17,0	19,2	29,0	45,0	65,0
$m_{y\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$	0,34	0,29	0,32	0,30	0,24	0,26	0,28	0,26
$m_{y\partial,cp}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$	0,29							
Параметр	Насос аксиально-поршневой регулируемый							
	типа 207	типа 313						
	55	55	56	107	112	160	250	
$q_n, 10^{-6} \text{ м}^3$	54,8	55,0	56,0	107,0	112,0	160,0	250,0	
$M_n, \text{ кг}$	30,0	24,0	22,0	40,0	37,5	55,0	85,0	
$m_{y\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$	0,55	0,44	0,39	0,37	0,33	0,34	0,34	
$m_{y\partial,cp}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$	0,55	0,37						
Параметр	Насос аксиально-поршневой регулируемый типа 416							
	028	071	090	0110	0125			
$q_n, 10^{-6} \text{ м}^3$	28	71	90	110	125			
$M_n, \text{ кг}$	25	67	67	80	80			
$m_{y\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$	0,89	0,94	0,74	0,73	0,64			
$m_{y\partial,cp}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$	0,92		0,70					
Параметр	Насос аксиально-поршневой регулируемый многопоточный							
	на базе насосов типа 207			на базе насосов типа 313				
	223.20	223.25	321.224А	323.20	333.20			
$q_n, 10^{-6} \text{ м}^3$	54,8+54,8	107+107	112+112	56+56	56+56+28			
$M_n, \text{ кг}$	162,0	320,0	280,0	90,0	100,0			
$m_{y\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$	1,48	1,50	1,25	0,80	0,71			
$m_{y\partial,cp}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$	1,41			0,76				
Параметр	Насос аксиально-поршневой регулируемый двухпоточный «BOSCH-Rexroth» серия А8VO							
	54,8+54,8	80+80	107+107	140+140	200+200			
$q_n, 10^{-6} \text{ м}^3$	54,8+54,8	80+80	107+107	140+140	200+200			
$M_n, \text{ кг}$	82,0	90,0	116,0	146,0	180,0			
$m_{y\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$	0,75	0,56	0,54	0,52	0,45			
$m_{y\partial,cp}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$	0,56							
Параметр	Агрегат насосный многопоточный							
	333.3.55. 100.220	333.3.55. 100.220	333.3.55. 100.220	333.3.55. 100.220	333.3.55. 100.220			
$q_n, 10^{-6} \text{ м}^3$	55+55+12	56+56+12	107+107+12	112+112	112+112			
$M_n, \text{ кг}$	74,0	80,0	132,0	138,0	137,0			
$m_{y\partial}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$	0,62	0,66	0,59	0,62	0,61			
$m_{y\partial,cp}, 10^{-6} \text{ кг/м}^3$	0,62							

Параметр	Тандемы насосов типа 426				
	416.028+ +416.028	416.071+ 416.071	416.090+ 416.090	416.110+ 416.110	416.125+ 416.125
$q_n \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$	28+28	71+71	90+90	110+110	125+125
$M_n, \text{ кг}$	50	134	134	160	160
$m_{y\partial} \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$	0,89	0,94	0,74	0,73	0,64
$m_{y\partial,cp} \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$	0,79				

Удельная масса насосных агрегатов, созданных на базе насосов типа 313, выше удельной массы однопоточных насосов типа 313 на 68 % (удельная масса приводов насосов 0,25). Насосные агрегаты создавались в качестве альтернативы многопоточных насосов 223.20, 223.25, 321.224А.

Удельная масса тандемов насосов типа 426 не отличается от удельной массы насосов типа 416.

Рассмотрим связь материалоемкости насосного агрегата с рыночной стоимостью. За основу примем уровень цен насосных агрегатов, предлагаемых дилерской сетью производителей гидравлической аппаратуры России [1]. Оценим стоимость насосного агрегата – удельной стоимостью:

$$c_{y\partial} = \frac{C_n}{q_n}, \quad c_{y\partial,cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_{y\partial i},$$

где суд – удельная стоимость насоса (насосного агрегата), RUR/м³; С_н – стоимость насоса (насосного агрегата) без рабочей жидкости, RUR.

Анализ результатов расчета (таблица 2) показывает, что усложнение конструктивной схемы насосного агрегата приводит к увеличению удельной стоимости. Удельная стоимость аксиально-поршневого насоса нерегулируемого типа 210, 310 выше удельной стоимости насоса типа НШ на 466 %. Удельная стоимость аксиально-поршневого насоса регулируемого типа 313 различна для насосов разного объема и превышает удельную стоимость насоса нерегулируемого типа 310 на 80,9 % (удельная стоимость системы управления и автоматики насоса составляет 333,6·10⁻⁶ RUR/м³). Удельная стоимость насоса аксиально-поршневого регулируемого типа 416 выше удельной стоимости насоса регулируемого типа 313 на 9,6 %, при большей разности удельных масс насосов этих типов. Удельная стоимость двухпоточных насосов 223.25, 321.224А превышает удельную стоимость насосов однопоточных типа

313 данного объема на 40,8 %, и удельную стоимость двухпоточных насосных агрегатов УНА-1, УНА-5 на 1,8 %. Удельная стоимость двухпоточных насосных агрегатов УНА-1, УНА-5 превышает удельную стоимость насосов однопоточных типа 313 данного объема на 38,1% (удельная стоимость системы приводов насосов составляет 241,8·10⁻⁶ RUR/м³). Удельная стоимость трехпоточных насосных агрегатов 333.3.55.100.220, УНА-4, 333.4.107.100.880 превышает удельную стоимость насосов однопоточных типа 313 данного объема на 88,0 % (удельная стоимость системы приводов насосов составляет 317,1·10⁻⁶ RUR/м³), а также удельную стоимость двухпоточных насосных агрегатов УНА-1, УНА-5 на 36 %.

Поиск направлений снижения материалоемкости решается в рамках доработки каждой конкретной инженерной машины. На вооружении в частях инженерных войск используются полковая землеройная машина ПЗМ-2 (рис. 1) [2]. Полковая землеройная машина ПЗМ-2 (рис. 1) предназначена для отрывки котлованов и траншей при оборудовании позиций войск и пунктов управления. По своим тактико-техническим характеристикам ПЗМ-2 соответствует современному уровню решения боевых задач.

Основными частями ПЗМ-2 являются базовая машина (легкий колесный тягач Т-155-01) и

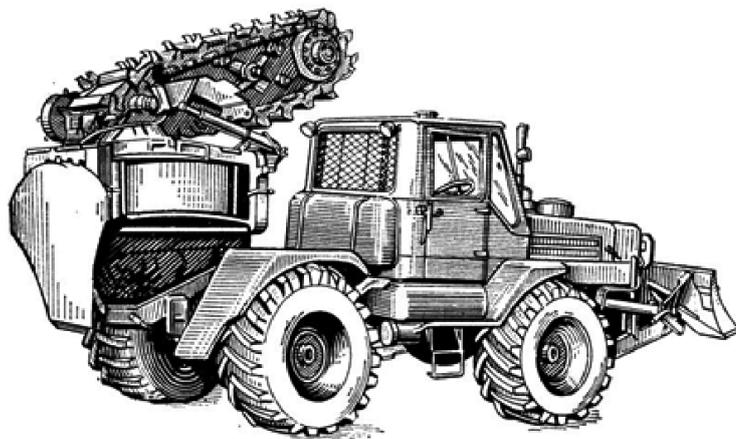


Рис. 1. Траншейно-котлованная машина ПЗМ-2

Таблица 2

Стоимость насосных агрегатов

Параметр	Насос нерегулируемый типа НШ					
	10У-3	16Г-3	32УК-3	50А-3	100А-3	250-4
цена с НДС, RUR	860	1388	1428	3243	5001	26124
$c_{уд}$, 10^{-6} RUR/м ³	86,0	86,8	44,6	64,9	50,0	104,5
$c_{уд.ср}$, 10^{-6} RUR/м ³	86,4		53,2			104,5
	72,8					
Параметр	Насос аксиально-поршневой нерегулируемый типа 310					
	28	56	80	112	160	250
цена с НДС, RUR	18585	17200	24520	26670	59991	82600
$c_{уд}$, 10^{-6} RUR/м ³	663,8	362,4	361,7	281,0	374,9	330,4
$c_{уд.ср}$, 10^{-6} RUR/м ³	663,8	342,1				
	412,4					
Параметр	Насос аксиально-поршневой регулируемый типа 313					
	55	56	107	112	160	250
цена с НДС, RUR	53808	53808	73455	73455	100064	142308
$c_{уд}$, 10^{-6} RUR/м ³	978,2	960,9	686,5	655,8	625,4	569,2
$c_{уд.ср}$, 10^{-6} RUR/м ³	970,0		634,2			
	746,0					
Параметр	Насос аксиально-поршневой регулируемый типа 416					
	028	071	090	0110	0125	
цена с НДС, RUR	33051	62776	69030	71626	75520	
$c_{уд}$, 10^{-6} RUR/м ³	1180,4	884,2	767,0	651,1	604,2	
$c_{уд.ср}$, 10^{-6} RUR/м ³	1180,4	726,6				
	817,4					
Параметр	Насос аксиально-поршневой регулируемый двухпоточный					
	223.25			321.224А		
цена с НДС, RUR	195450			195450		
$c_{уд}$, 10^{-6} RUR/м ³	913,1			872,5		
	892,8					
Параметр	Агрегат насосный многопоточный					
	333.3.55. 100.220	УНА-4: 333.3.56. 000.660	333.4.107. 100.880	УНА-1: 323.4.112. 120.77	УНА-5: 323.3.112. 020.77	
цена с НДС, RUR	159807	142225	253110	191962	200470	
$c_{уд}$, 10^{-6} RUR/м ³	1309,9	1147,0	1120,0	857,0	895,0	
$c_{уд.ср}$, 10^{-6} RUR/м ³	1192,3			876,0		
	1065,8					

рабочее оборудование. В состав рабочего оборудования входят цепной рабочий орган, роторный метатель, тяговая лебедка, бульдозерное оборудование, дополнительная трансмиссия, гидравлическая, пневматическая и электрическая системы управления. Поддержание работоспособного состояния такой техники является сложной инженерной задачей из-за отсутствия запасных частей, производство которых прекращено. Финансовые ресурсы, обеспечивающие импорт военно-инженерной техники для механизации земляных работ в бюджет Республики Беларусь не закладываются.

В Республике Беларусь модернизация ПЗМ-2 предполагает создание новой траншейно-котлованной машины на базе доработанного по стандартам Вооруженных Сил Республики Беларусь трактора МоАЗ-49011, производства Могилевского автомобильного завода [3]. Трактор оснащен двигателем ЯМЗ-238Б, мощностью 220 кВт, его масса составляет 13500 кг.

На современном этапе при модернизации рабочего оборудования ПЗМ-2 важнейшим направлением является замена сложных и материалоёмких механических систем приводов рабо-

чего оборудования гидравлическими приводами. Рациональным является отказ от применения материалоемкой распределительной коробки и использование гидравлического привода цепного рабочего органа и роторного метателя, что позволит уменьшить массу рабочего оборудования и снизить стоимость изготовления, повысит надежность рабочего оборудования, исключая поломки элементов привода при динамическом увеличении нагрузки, упростит техническое обслуживание и ремонт траншейно-котлованной машины. При использовании базового тягача МоАЗ-49011 к ВОМ подключается насосная установка.

Гидросистемы траншейно-котлованной машины может быть реализована в открытом [4] и закрытом [5] контурах. Для гидравлического привода цепного рабочего органа и роторного метателя траншейно-котлованной машины, установленного на доработанном шасси двойного назначения с ограниченными габаритными возможностями, актуален закрытый контур (рис. 2), оснащенный системой охлаждения рабочей жидкости.

В рамках модернизации гидросистемы траншейно-котлованной машины [5] может быть предложена насосная установка, состоящая из регулируемого реверсируемого насоса 19 с наклонной шайбой серии 416 (416.0.110, 416.0.125), предназначенного для работы в закрытом контуре. Масса насоса 80 кг, потребляемая номинальная мощность соответственно 76,3 и 79,4 кВт. Следует учитывать, ограниченные габаритные возможности базовой машины по размещению агрегатов систем привода рабочего оборудования. В этой связи исходим из того, что должен использоваться один насос и делитель потока, обеспечивающие привод цепного рабочего органа и метателя грунта.

При работе траншейно-котлованной машины насосы 1, 19 и 23 включаются при неработающем двигателе.

Гидрораспределитель 7 обеспечивает управление гидроцилиндрами 3, 6 позиционирования отвала бульдозера.

При работе лебедкой вентиль 4 открывается. Поднимается отвал бульдозера в крайнее верхнее положение, и рабочая жидкость насоса 1 через вентиль 4 поступает в гидромотор 5, приводя во вращение барабан лебедки.

Перевод рабочего оборудования из транспортного положения в рабочее и обратно обеспечивается гидрораспределителем 9, управляющим гидроцилиндрами 10, 12. При подъеме и опускании рабочего оборудования вентиль 11 открыт. Для фиксации рабочего оборудования в транспортном положении вентиль 11 закрывается.

Для отрывки траншей гидрораспределитель 20 переводится в первую, либо третью позиции и рабочая жидкость насоса подпитки 23 подается в полости 21, 22 гидроцилиндра управления шайбой насоса 19. Рабочая жидкость насоса 19 поступает к делителю потока 24 [6], работающему в режиме деления потока, и подается к гидромоторам 25, 26 привода метателя и цепного рабочего органа через трехпозиционные гидрораспределители 27, 28. Рабочая жидкость, сливаемая из гидромоторов 25, 26 подается во всасывающую магистраль насоса 19. Утечки рабочей жидкости компенсируются насосом подпитки 23.

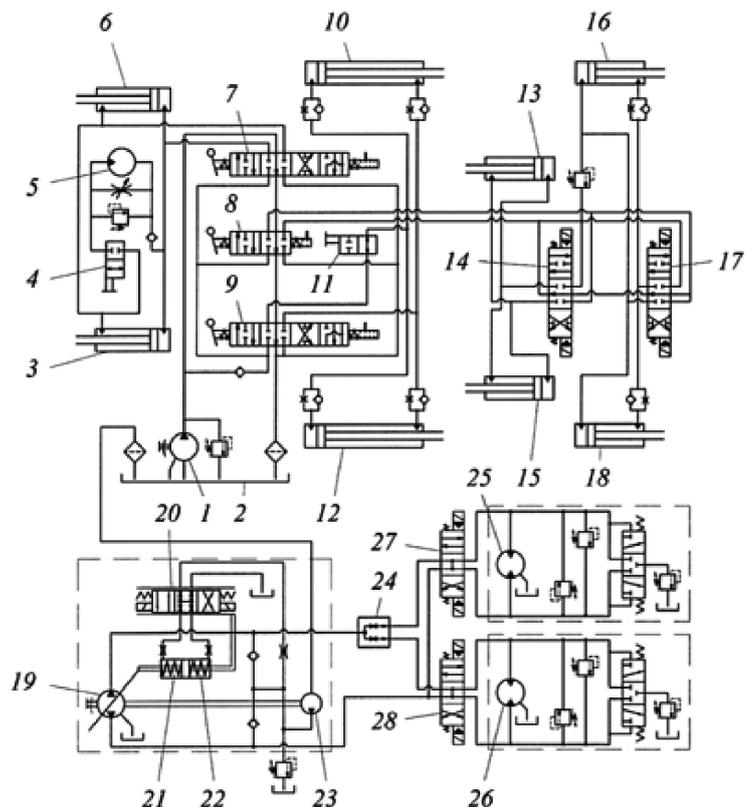


Рис. 2. Принципиальная схема гидропривода траншейно-котлованной машины:
 1, 19, 23 – насос; 2 – бак; 3, 6, 10, 12, 13, 15, 16, 18 – гидроцилиндр;
 4, 11 – вентиль; 5, 25, 26 – гидромотор;
 7, 8, 9, 14, 17, 20, 27, 28 – гидрораспределитель;
 21, 22 – рабочая полость; 24 – делитель – сумматор потока

При необходимости реверсирования цепного рабочего органа при возникновении внештатной ситуации, либо иной необходимости гидрораспределители 27, 28 переводятся в соответствующую позицию, обеспечивая реверсирование цепного рабочего органа, либо метателя.

Для работы цепного рабочего органа гидрораспределитель 8 переводится во вторую позицию, и рабочая жидкость насоса 1 поступает к трехпозиционным распределителям 14, 17, определяющим положение цепного рабочего органа. Позиционирование рабочего органа обеспечивается гидроцилиндрами 16, 18, управляемыми гидрораспределителем 17.

Качание цепного рабочего органа при отрывке котлованов осуществляется гидроцилиндрами 13, 15, управляемыми гидрораспределителем 14. Для работы в автоматическом режиме цепной рабочий орган оснащен концевыми выключателями, фиксирующими крайнее положение, на основании сигнала которых формируется управляющее воздействие. Также, заглубление рабочего органа гидроцилиндрами 16, 18 осуществляется в автоматическом режиме по достижении рабочим органом крайнего положения при качании.

Конструктивно делитель потока [6] может быть реализован в виде отдельного агрегата, устанавливаемого на корпус насоса с приводом ротора от приводного вала насоса, на фланец насоса в качестве промежуточного агрегата между механизмом привода и насосом серийного исполнения, либо устанавливаться на корпусе насоса, приспособленного для тандемирования. Наряду

с делителем потока, обеспечивающим заданные параметры потока по напорным магистралям гидромоторов привода цепного рабочего органа и метателя грунта, возможны конструктивные схемы [7], [8], обеспечивающие регулирование параметров потока рабочей жидкости по магистралям гидромоторов (рис. 3).

Делитель потока (рис. 3) включает ротор 1, установленный с возможностью поворота в подвижной распределительной втулке 2, установленной в свою очередь в неподвижной распределительной втулке 3, закрепленной в корпусе 4. В корпусе 4 двухпоточного делителя потока образованы три канала: 5 – подвода рабочей жидкости от насоса, и 6, 7 подключения магистралей потребителей (гидромоторов). На цилиндрической поверхности неподвижной распределительной втулки 3 образованы четыре диаметрально противоположных сегментных паз 8, 9, 10, 11. Полости диаметрально противоположных сегментных пазов 8 и 10, 9 и 11 связаны попарно и с каналами 6, 7 подключения двух напорных магистралей потребителей. На цилиндрической поверхности подвижной распределительной втулки 2 образованы две группы диаметрально противоположных продольных каналов 12, 13 с центральными углами 90°. В роторе 1 образован продольный канал 14, связанный с каналом 5 корпуса и четырьмя радиальными каналами 15, через продольные каналы 12, 13 подвижной распределительной втулки 2 с полостями сегментных пазов 8, 9, 10, 11 неподвижной распределительной втулки 3. Поворот подвижной рас-

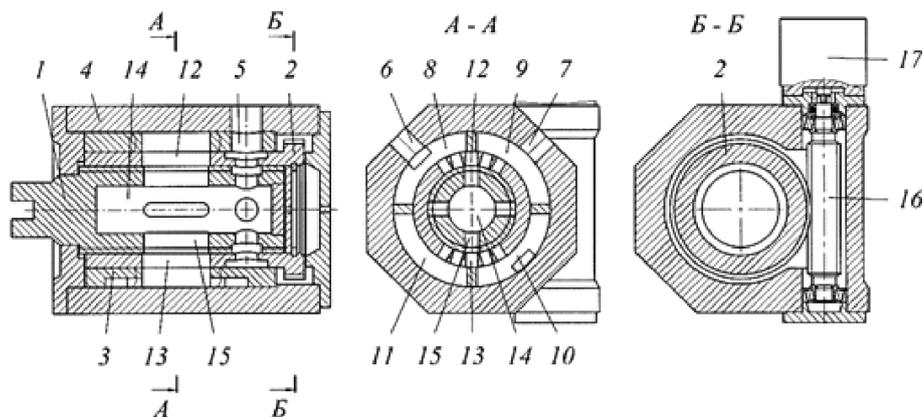


Рис. 3 – Конструктивная схема двухпоточного делителя потока с регулированием параметров потока рабочей жидкости по магистралям потребителей:

- 1 – ротор; 2 – подвижная распределительная втулка; 3 – неподвижная распределительная втулка;
- 4 – корпус; 5, 6, 7 – канал корпуса; 8, 9, 10, 11 – сегментный паз; 12, 13, 14 – продольный канал;
- 15 – радиальный канал; 16 – червяк; 17 – автономный двигатель

пределительной втулки 2, оснащенной зубчатым венцом червячного зацепления, осуществляется червяком 16, установленным в подшипниковых узлах корпуса 4, и приводимым во вращение автономным двигателем 17, на угол, изменяемый в диапазоне $\pm 45^\circ$.

В основу алгоритма регулирования параметров распределения потока рабочей жидкости по напорным магистралям двух потребителей (гидромоторов) положен способ дискретизации непрерывного потока рабочей жидкости, поступающей в полость продольного канала 14 ротора 1 через канал 5, дискретизации потока рабочей жидкости посредством каналов 15 ротора 1, продольных каналов 12, 13 подвижной распределительной втулки 2, и распределения дискретных объемов по полостям сегментных пазов 8, 9, 10, 11, и напорным магистралям потребителей, подключенным к каналам 6, 7. При повороте подвижной распределительной втулки 2 посредством червяка 16, приводимого автономным двигателем 17, меняется положение каналов 12, 13 относительно сегментных пазов 8, 9, 10, 11, определяющее эффективный объем насоса, подключенного в данную магистраль потребителей через каналы 6, 7 от нулевого до максимального значений, и параметры подачи рабочей жидкости в магистраль.

В начальном положении подвижной распределительной втулки 2 половина продольных каналов 12 находятся в полости сегментного паза 8, а половина в зоне сегментного паза 9. Аналогично, половина продольных каналов 13 находятся в полости сегментного паза 10, а половина в зоне сегментного паза 11. Сегментные пазы 8, 10 и 9, 11 связаны между собой попарно, и поток рабочей жидкости насоса, поступающий в ДГ по каналу 5 будет направлен в напорные магистрали потребителей, подключенные к каналам 6, 7. В данном положении подвижной распределительной втулки 2 ДГ обеспечит подключение в напорные магистрали двух потребителей насоса с эффективным объемом $0,5q$, m^3 в магистраль каждого потребителя. При повороте подвижной распределительной втулки 2 по часовой стрелке, либо против, на 45° продольные каналы 12 переместятся в зону сегментного паза 9, либо 8, а продольные каналы 13 – в зону сегментного паза 11, либо 10. Сегментные пазы 9, 11 связаны между собой, и весь поток рабочей жидкости насоса, по-

ступающий в ДГ по каналу 5, будет направлен в напорную магистраль потребителя, подключенную к каналу 7, либо 6. В крайних положениях подвижной распределительной втулки 2 ДГ обеспечит подключение в напорную магистраль потребителя насоса с эффективным объемом q , m^3 .

Изменяя положение подвижной распределительной втулки 2 в диапазоне угла $0\pm 45^\circ$ добиваемся плавного изменения эффективного объема насоса, подключенного в данную магистраль от нулевого до максимального значений.

Одним из возможных направлений снижения материалоемкости гидравлической системы привода рабочего оборудования траншейно-котлованной машины может быть создание и использование двухпоточного насосного агрегата, состоящего из однопоточного аксиально-поршневого насоса, например, типа 416, и делителя потока малой материалоемкости [6], с ротором, связанным с валом насоса. Так, может быть рекомендован двухпоточный насосный моноагрегат в составе насоса с наклонной шайбой серии 416 (416.0.110, либо 416.0.125) массой 67, либо 80 кг и делителя потока, разработанной конструктивной схемы [7], [8]. Экспертная оценка конструктивной схемы делителя потока показывает, что при его создании может быть использован технологический уровень производства шестеренных насосов. При этом, материалоемкость делителя потока данного объема прогнозируется на уровне материалоемкости шестеренного насоса. При удельной массе насоса типа НШ – $m_{cp,yo} = 0,16 \times 10^6$ kg/m^3 (таблица 1), масса делителя потока нерегулируемого для насоса 416.0.125 может составить 20 кг, а регулируемого – 25 кг. Соответственно стоимость делителя потока составит 9100–11400 RUR. Суммарная масса двухпоточного насосного моноагрегата в составе одного насоса серии 416.0.125 и делителя потока составит 100–105 кг, а его стоимость – 84600–87000 RUR.

Таким образом, предложены показатели материалоемкости и удельной стоимости многопоточного насосного агрегата системы приводов рабочего оборудования инженерной машины, позволяющие анализировать рациональность принимаемых технических решений насосных агрегатов. Определены направления снижения материалоемкости систем приводов рабочего оборудования траншейно-котлованной машины.

Список использованных источников

1. Прайс-лист ООО «Компания Драйв» Мобильная и промышленная гидравлика. – Екатеринбург. – Интернет ресурс «drive@r66.ru».
2. Ольшанский, А.В. Машины инженерного вооружения. Часть I. Общая характеристика. Машины для преодоления разрушений и механизации земляных работ: учебник для курсантов военных училищ инженерных войск / А.В. Ольшанский, Н.Ф. Федотов, Н.Г. Бородин, В.П. Трянин и др.; Под ред. А.В. Ольшанского. – М.: Военное издательство, 1986 – 422 с.
3. Котлобай, А.Я. Развитие и модернизация белорусско-российской военной инженерной техники / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, Ю.Ш. Юнусов, В.Ф. Тамело // Инженер-механик. – 2014. №4 (65). – С. 4–9.
4. Гидравлическая система землеройной машины: пат. 20084 С1 Респ. Беларусь, МПК F 16H 61/38 (2006.01), F 15B 21/00 (2006.01), F 02F 5/00 (2006.01) / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, Ю.Ш. Юнусов, В.Ф. Тамело; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № а 20121389; заявл. 2012.10.03; опубл. 2016.04.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2016. – № 2.
5. Гидравлическая система рабочего оборудования землеройной машины: пат. 9664 U Респ. Беларусь, МПК F 16H 61/44 (2006.01) / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело, С.В. Григоренко; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № u 20130401; заявл. 2013.05.08; опубл. 2013.10.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 5.
6. Коробкин, В.А. О перспективных направлениях создания гидравлических агрегатов приводов строительных и дорожных машин / В.А. Коробкин, А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело // Наука и техника. – 2012. № 6. – С. 71–76.
7. Котлобай, А. Я. Совершенствование насосов гидропривода рабочего оборудования инженерных машин / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело // Инженер-механик. – 2016. №3 (72). – С. 28–36.
8. Аксиально-поршневая гидромашин: пат. 11211 U Респ. Беларусь, МПК F 15B 11/22 (2006.01) / С.И. Воробьев, И.Ф. Чикун, Е.А. Есмантович, А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай; заявитель С.И. Воробьев, И.Ф. Чикун, Е.А. Есмантович, А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай. – № u 20160136; заявл. 2016.04.22; опубл. 2016.10.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2016. – № 5.

**20–24 февраля 2017 г. в г. Свалява (Украина) прошел
17-ый Международный научно-технический семинар
“СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВА И РЕМОНТА В
ПРОМЫШЛЕННОСТИ И НА ТРАНСПОРТЕ”**

Тематика семинара:

- Современные тенденции развития технологии машиностроения.
- Подготовка производства как основа создания конкурентоспособной продукции.
- Состояние и перспективы развития заготовительного производства.
- Совершенствование технологий механической и физико-технической обработки поверхностей трения и деталей машин.
- Упрочняющие технологии и покрытия.
- Современные технологии и оборудование в сборочном и сварочном производстве.
- Ремонт и восстановление деталей машин в промышленности и на транспорте, оборудование для изготовления, ремонта и восстановления.
- Технологическое управление качеством и эксплуатационными свойствами изделий.
- Технический контроль и диагностика в машино- и приборостроении.
- Экологические проблемы и их решения в современном производстве.

Некоторые статьи представлены ниже.

*Корзун А.Е., Волотовский Ф.А. ОАО «ОКБ Академическое» НАН Беларуси,
Бородавко В.И., Пынькин А.М. ОАО «НПО Центр» НАН Беларуси,
Гайко В.А., Хейфец М.Л. Президиум НАН Беларуси, Минск, Беларусь*

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ
ПРОЦЕССАМИ В МЕХАТРОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ**

В основу производственной деятельности современных предприятий машиностроительных отраслей заложена предметная специализация. Поэтому производственные структуры предприятий машиностроения характеризуются: отсутствием ярко выраженной технологической специализации производств и недостаточной гибкостью оборудования при переходе предприятия к выпуску новой продукции.

В современных условиях стоит задача перехода на технологическую специализацию. Изделия с большим объемом выпуска также целесообразно изготавливать, начиная с небольших партий на гибком производстве. Это позволяет усовершенствовать конструкцию изделия, отработать ее технологичность и ускорить сроки освоения больших объемов выпуска.

В условиях рыночной экономики к числу важ-

нейших показателей, характеризующих конкурентоспособность, относится способность его быстрой переналадки, адекватной спросу потребителя. В настоящее время машиностроительное производство приобретает такие новые качества, как гибкость и высокий уровень автоматизации, достигаемые созданием и внедрением мехатронных технологических комплексов (ТК).

В гибком производстве автоматизации подлежат как сам технологический процесс, так и работы по подготовке и планированию производства. Автоматизация проектирования технологии и управления производственными процессами – один из основных путей интенсификации производства, направленный на повышение его эффективности и качества выпускаемой продукции, уменьшение затрат на подготовку производства и сроков освоения новой продукции. Использование гибкого программно переналаживаемого технологического оборудования позволяет изготавливать детали в любом порядке и варьировать их выпуск в зависимости от производственной программы, повышает коэффициент использования оборудования, изменяет характер работы персонала, повышая удельный вес высококвалифицированного труда.

Противоречивость требований мобильности и производительности, предъявляемых к машиностроительному производству, находит разрешение в создании гибких производственных систем (ГПС). Под ГПС понимают совокупность в разных сочетаниях оборудования с ЧПУ, роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени, обладающую свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик.

Использование ГПС и ТК позволяет варьировать выпуск деталей в зависимости от производственной программы, сокращает затраты и время на подготовку производства, повышает коэффициент использования оборудования. Высокая эффективность производства достигается рациональным сочетанием оборудования, организацией транспортных операций и управления ГПС.

Наряду с гибкостью производства, вторым фактором, определяющим научно-технический прогресс в машиностроении, является автоматизация производственных процессов. Это обу-

словлено тем, что автоматизация, помимо повышения производительности труда, обеспечивает стабильность качества изделий, повышает точность обработки, решает проблемы социального характера. Таким образом, в настоящее время машиностроительный комплекс приобретает такие новые качества, как гибкость и высокий уровень автоматизации.

Повышение эффективности производства новой техники и деталей машин непосредственно зависит от качественно нового использования технологических и информационных систем. До появления систем ЧПУ металлорежущими станками понятия гибкость и автоматизация были альтернативными, так как для автоматизации цикла работы станка, при изменении номенклатуры обрабатываемых деталей, требовались большие затраты на подготовку производства. В результате этого повышение производительности труда за счет автоматизации не покрывало затрат, вызванных переналадкой станков в многономенклатурных производствах.

Использование систем числового программного управления циклом работы станков позволило уменьшить трудоемкость обработки до 5 раз в зависимости от сложности деталей и вида обработки. Однако при этом остаются неавтоматизированными ряд ручных операций, связанных с загрузкой заготовок и выгрузкой готовых деталей, подбором и установкой инструментов и требуемой оснастки, периодическим контролем точности обработки, подналадкой станка и т.п. Автоматизация указанных операций обусловила создание роботизированных ТК и гибких производственных модулей.

Технологические процессы изготовления деталей машин носят дискретный характер, обусловленный сопровождающимися систематическими и случайными изменениями условий обработки. К числу систематических факторов, возмущающих процесс резания, можно отнести закономерное изменение скорости, глубины резания, геометрии режущего инструмента, которые вызваны конструктивными особенностями обрабатываемой заготовки. К случайным, вероятностным факторам, влияющим на нестабильность процессов обработки, относятся: неоднородность структуры и физико-механических свойств заготовок; нестабильность припуска; неоднородность пластической деформации при резании; изнашивание и разрушение режущего инструмента; изменение жесткости технологической системы и др. Стабилизация параметров качества обраба-

тываемой поверхности обеспечивается путем повышения устойчивости нестационарных технологических систем и базируется на поддержании диапазона режимов обработки, обеспечивающих диссипацию потоков энергии в процессах самоорганизации поверхностных явлений.

В результате, конкурентоспособность машиностроительных производств обусловлена гибкостью средств технологического оснащения, способных обеспечить частую сменяемость номенклатуры выпускаемых изделий, их минимальную себестоимость и высокое качество.

Удовлетворение требований мобильной реструктуризации и высокой производительности машиностроительного производства достигается путем комплексной компьютеризации и автоматизации производственных процессов, за счет широкого использования ЧПУ в гибких производственных модулях, робототехнических ТК и ГПС предприятий.

Компьютерная интеграция всех этапов производственных процессов обеспечивает автоматизацию технологической подготовки производства и производственного процесса в целом. Эффективность интеграции базируется на ре-

ализации принципов типовой, групповой и комплексной технологии при планировании и организации производства. Использование систем автоматизированного проектирования повышает производительность в десятки раз и гарантирует качество разрабатываемой технической документации за счет более полного использования накопленных знаний.

Системы программного управления оборудованием позволяют обеспечивать информационную связь на производственных этапах жизненного цикла изделия. При автоматизации рабочего цикла ТК необходимо учитывать нестабильности технологических систем, вызванные изменением свойств обрабатываемых заготовок в рабочей зоне.

Повышение устойчивости нестационарных технологических систем, основано на стабилизации протекающих диссипативных процессов и явлениях их самоорганизации. Обеспечение устойчивости технологических систем, базируется на поддержании диапазона режимов обработки, обеспечивающего диссипацию потоков энергии в процессах самоорганизации поверхностных явлений.

*Домуладжанова Ш.И., Домуладжанов И.Х., Содикова Ш.Ш.
Ферганский политехнический институт, Фергана, Узбекистан*

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ – ВЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ

На протяжении всего периода существования человека повышение безопасности как одного человека, так и общества в целом всегда было одним из ведущих мотивов деятельности людей.

По мере развития цивилизации влияние различных факторов, угрожавших существованию человеческих сообществ, приводило к качественным изменениям, в результате которых возрас- тала защищенность, как самого человека, так и племени, рода, социума.

Развитие техники и промышленности потребовало от человечества создания и закрепления положений, в которых были бы сформулированы основные требования по использованию различ-

ных орудий производства и технических систем. Эти положения способствовали выработке определенных требований безопасности к техническим системам и средствам производства, совокупное действие которых исключало риск не только для людей, имеющих с ними дело, но и общества.

На всем протяжении развития цивилизации новые виды человеческой деятельности, оберегая человека от недостатка энергии, помогая поднимать урожайность и сохранять собранную продукцию, одновременно несли и новые опасности.

Воздействие антропогенных опасностей при их значительных параметрах нарушают нор-

мальную жизнедеятельность людей, вызывают аварии, приводящие к чрезвычайным ситуациям (ЧС) и катастрофам, в том числе и экологическим [1, 2].

Т.о., к природным катастрофам постоянно добавляются антропогенные катастрофы, ущерб от которых сравним, а то и превосходит катастрофы природные, вызываемые стихийными бедствиями.

Природные катастрофы имеют разную степень отрицательного воздействия факторов на различные регионы, страны и социальные группы. По мнению специалистов из университета Кларка (штат Массачусетс, США), стихийные бедствия обуславливают от 10 до 25% всех преждевременных смертей в развивающихся странах. В развитых странах этот показатель составляет от 3 до 5%, что в 4,5 раза меньше.

В абсолютных величинах, согласно оценкам специалистов шведского Красного Креста, в развивающихся странах число жертв стихийных бедствий выше почти вдвое, чем в развитых, а в наименее развитых государствах – в шесть раз. В некоторых случаях разрыв значительно больше.

В целом экономический однотипный урон от экологической катастрофы в развивающихся странах оценивается в 20...30 раз больше, чем в странах – членах Организации экономического сотрудничества и развития.

Можно считать достаточно обоснованным тезис о наличии весьма тревожной тенденции нарастания губительного воздействия опасных природных явлений и процессов. При всей специфике ситуаций в конкретных странах и регионах они обусловлены действием двух общих причин.

Одна из этих причин напрямую связана с демографическими факторами и ускоренной урбанизацией – ростом народонаселения и концентрацией его и материальных богатств на сравнительно ограниченных территориях.

Другая причина заключается в изменении характера генезиса (происхождения) природных катастроф. В последнее время эти катастрофы вызывают не только океанические, геологические и иные естественные силы, но и хозяйственная деятельность человека, которая увеличивает их число и усугубляет пагубное воздействие, как на природу, так и на самого человека. В качестве примера отрицательного воздействия на сферу экономики государства можно констатировать, что происходят аварии раз в неделю – на транспорте, ежемесячно – в промышленности. Опасность усугубляется еще и тем, что в Центральной Азии существует Аралская катастрофа (высыхание Арала).

Вторгаясь в природу, законы которой далеко еще не познаны, и создавая все более мощные инженерные комплексы, человечество формирует новую, чрезвычайно сложную систему, включающую техносферу, закономерности развития которой пока неизвестны.

Это, в свою очередь, приводит к увеличению неопределенности информации о функционировании техносферы, антропийности протекающих в ней процессов, риске возникновения технологических катастроф – крупномасштабных аварий в промышленности, энергетике, на транспорте, загрязнения биосферы высокотоксичными и радиоактивными отходами производства, угрожающего здоровью миллионов людей.

Предотвратить такие аварии и катастрофы, обезопасить человека, уменьшить материальный, экономический, социальный и политический ущерб в среде обитания и призвана наука Безопасность жизнедеятельности (БЖД). Однако решение вопросов Безопасности жизнедеятельности невозможно без разбора и знания терминологии, которая должна быть единой для всей области знаний Безопасности жизнедеятельности и различных научных направлений, входящих в структуру этих знаний.

Безопасность жизнедеятельности может быть достигнута за счет решения следующих взаимосвязанных задач:

- идентификация явных потенциальных опасностей;
- изучение предупредительных (профилактических) мер защиты от действующих факторов;
- выявление нерегламентированных признаков опасности на основе теории риска;
- выбора методов борьбы с реальными опасностями;
- своевременной ликвидации последствий в результате аварий, катастроф или ЧС.

Все это можно решить на основе единой системы Безопасности жизнедеятельности. Эта система состоит из взаимосвязанных между собой блоков, объединенных единой целью и правовым полем:

- охраны окружающей среды (ООС);
- экологической безопасности;
- охраны труда (ОТ);
- защиты населения при чрезвычайных ситуациях (ЧС) и ликвидации последствий природных катастроф.

В курсе Безопасность жизнедеятельности приобретают важность такие аспекты, как: правовой (юридический), мировоззренческий, экологический, воспитательный, социальный, ме-

дицинский, физиологический, психологический, эргономический, технический, организационно-оперативный, экономический.

Перечисленные аспекты лежат в основе рассмотрения основных направлений безопасности жизнедеятельности.

Литература

1. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов, А.В. Ильницкая, А.Ф. Козьяков и др. – М.: Высш. шк., 1999. – 448 с.
2. Попспирова Н.М., Домуладжанов И.Х. Безопасность в процессе производственной деятельности: уч. пособие. – Фергана: Техника, 2003. – 205 с.

Гречук А.И., Девин Л.Н.

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, Киев, Украина

КОНСТРУКЦИЯ СВЕРЛА СО ВСТАВКАМИ ИЗ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СВЕРЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ КОМПОЗИТОВ

Современное машиностроение увеличивает темпы использования волокнистых композиционных материалов (ВПКМ). Соотношение прочности к весу, жесткости, коррозионная и электромагнитная стойкость и высокая теплопроводность [1] делают ВПКМ незаменимыми конструкционными материалами. За последние десятилетия наблюдается скачек применения ВПКМ в самолетах производящих ГП «АНТОНОВ» и зарубежных предприятий «BOEING» и «AIRBUS». Их изделия на сегодняшний день содержат до 50% композиционных материалов [2]. Большинство деталей из ВПКМ скрепляются болтовыми или клепочными соединениями. Поэтому актуальной задачей является сверление в них большого количества отверстий. Например, для изготовления небольшого самолета необходимо изготовить 100 тыс. отверстий и миллионы для большого транспортно-пассажирского самолета [3].

Сверление изделий из ВПКМ сопровождается рядом явлений, которые не встречаются при традиционной металлообработке.

Это обуславливает возникновение ряда специфических дефектов, способных снизить качество отверстия [4]. К таким дефектам можно отнести: дела-

минацию (расслоение), несрезанные волокна, выкрашивание и термодеструкцию.

С целью обеспечения высокого качества сверления отверстий в волокнистых композиционных материалах в Институте сверхтвердых материалов имени В.Н. Бакуля НАН Украины было разработано и изготовлено специальное сверло (рис. 1) [5].

Сверло имеет форму перьевого сверла, оснащенного двумя симметрично расположенными алмазно-твердосплавными пластинками или пластинками из КНБ и двумя прямыми канавками. Режущая часть сверла представляет собой две главные режущие кромки, две вспомогательные и ломаную перемычку, которая состоит из сверхтвердого материала на периферии и твердого сплава в центре.

Острие сверла подвергается значительному износу во время сверления, а так как сверхтвердые материалы в основном отличаются высокой твердостью, острие обеспечит высокую износостойкость.

Вспомогательные режущие кромки параллельны оси сверла, что обеспечивает дополнительную обработку поверхности отверстия и срезание ранее не срезанных волокон на входе сверла.

В отличие от спиральных сверл, ко-



*Рисунок 1 –
Специальное сверло*

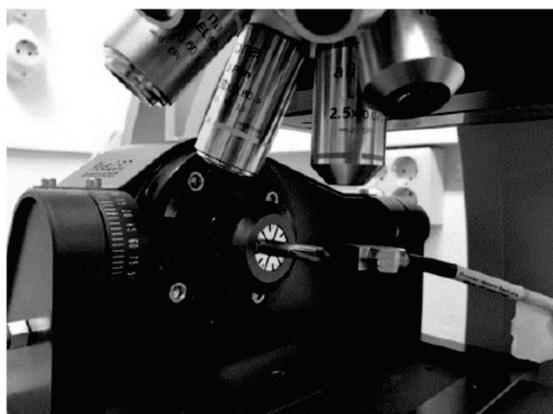
которые применяются во всех отраслях машиностроения, передняя поверхность разработанного специального сверла является плоской. Такое решение обеспечивает постоянный передний угол вдоль главных и вспомогательных режущих кромок. Также, передняя поверхность состоит из алмаза или КНБ, что обеспечивает высокую теплопроводность, низкую теплоемкость и снижает трение со стружкой. Дополнительная доводка передней поверхности понижает шероховатость и уменьшает радиус скругления режущих кромок.

Контроль геометрии сверла был произведен на 3D микроскопе Alicona Infinite Focus (рис. 2, а) в Лундском университете (Швеция).

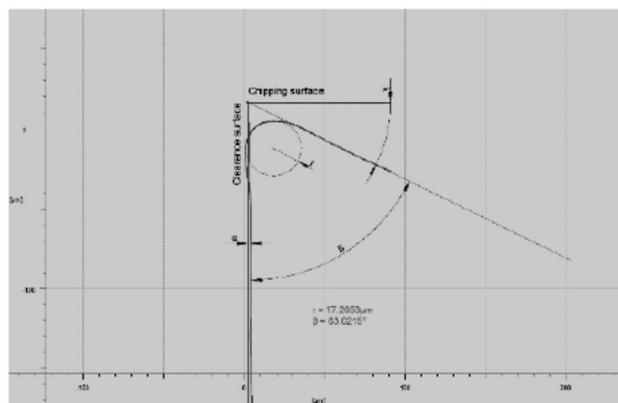
Радиус закругления сверла был измерен, используя стандартную утилиту Alicona – IF-Edge Master Module путем построения 50 сечений вдоль режущей кромки. Профиль с усредненны-

ми значением, изображен на рис. 2, б. Для определения параметров геометрии вспомогательных режущих кромок была создана 3D модель сверла (рис. 2, в) и построены различные сечения, пример которых показан на рис. 2, г. Геометрические параметры специального сверла: углы: задний – $9,89^\circ$, задний вспомогательный – $14,96^\circ$, передний – $1,91^\circ$, в плане – $119,8^\circ$; диаметр – $7,9$ мм; радиус РК – $17,26$ мм.

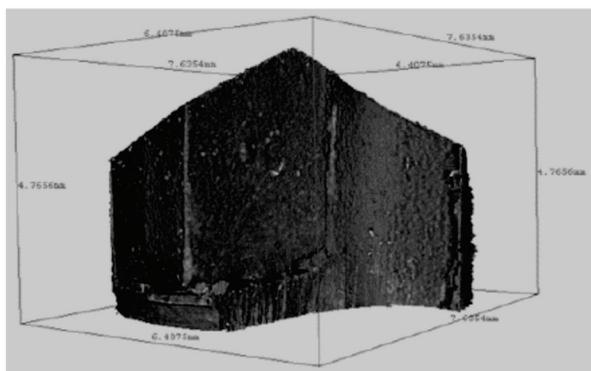
Сверло показала хорошую работоспособность и высокое качество обработанных отверстий при испытаниях при сверлении образцов серийного стеклопластика НТК Антонов (г. Киев) с ортотропным армированием, толщиной 4 мм. Результаты исследований показали, что использование сверхтвердых материалов в лезвийном инструменте является эффективным при сверлении волокнистых полимерных композиционных материалов.



а



б



в



г

Рисунок 2 – Измерение геометрии сверла

Литература

1. Liu D.F., Tang Y.J., Cong W.L. A review of mechanical drilling for composite laminates // Composite Structures. – 2012. – V.94, №.4. – P. 1265–1279.
2. Кива Д.С. Этапы становления и начала развернутого применения полимерных композиционных материалов в конструкциях пассажирских и транспортных самолетов (1970–1995 гг.) // Авиационно-космическая техника и технология. – 2014. – № 6. – С. 5–16.
3. Delamination analysis in high speed drilling of carbon fiber reinforced plastics (CFRP) using artificial neural network model / S.R. Karnik, V.N. Gaitonde et al. // Mat. and Design. – 2008. – №29. – P. 1768–1775.
4. Machining of carbon fiber reinforced plastics/polymers: A literature review / D. Che et al. // J. of Manufact. Sc. and Eng. – 2014. – V. 136. – №.3.
5. Пат. UA112821U МПКВ23В 51/08 (2006.01)/Свердло для обробки полімерних композиційних матеріалів / Л.Н. Девин, А.И. Гречук, В.М. Боженок // Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України// 26.12.2016, Бюл.№ 24.

*Голякевич А.А., Евтушенко В.В.
ООО «ТМ.ВЕЛТЕК», Киев, Украина*

НОВАЯ ПОРОШКОВАЯ ПРОВОЛОКА ДЛЯ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ И УПРОЧНЯЮЩЕЙ НАПЛАВКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ИЗ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Предприятие ООО «ТМ.ВЕЛТЕК» разработало новую порошковую проволоку, предназначенную для автоматической и полуавтоматической наплавки при восстановлении и упрочнении деталей, работающих в условиях трения металла о металл.

Проволока хорошо себя зарекомендовала при наплавке на среднеуглеродистые конструкционные и низколегированные стали марок сталь 35, сталь 45, 30ХГСА, 35ХН2М, 38ХГНМ, 40Х, 40ХН2МА, 38Х2МЮА и др. Данные марки сталей относятся к классу трудносвариваемых.

Проволоке присвоена марка ВЕЛТЕК-Н351.

При наплавке порошковой проволокой ВЕЛТЕК-Н351 получается мартенситный наплавленный слой с системой легирования Cr, Ni и Mo.

С использованием минимального подогрева (200–250 °С) наплаваемой детали, проволока ВЕЛТЕК-Н351 обеспечивает качественный наплавленный слой, характеризующийся отсутствием хрупких закалочных структур и дефектов в виде пор и трещин. Твердость наплавленного

металла в зависимости от содержания углерода, составляет 24–40 НРС.

Проволока ВЕЛТЕК-Н351 прошла всесторонние испытания и применяется при наплавке буферных слоев перед упрочняющей наплавкой, наплавкой зубьев шестерен, рабочих колес кранов и бандажей, восстановительной наплавки шеек роликов МНЛЗ, посадочных мест крупногабаритных валов и др.

Проволока обеспечивает стабильное горение сварочной дуги, низкое разбрызгивание и благоприятное формирование наплаваемого металла, легкую отделимость шлаковой корки.

По требованию заказчика проволока марки ВЕЛТЕК-Н351 может быть изготовлена в 3-х вариантах:

- самозащитная, ВЕЛТЕК-Н351-О (Ø1,6–3,2 мм);
- в среде защитных газов 100% CO₂ или 80% Ar + 20% CO₂, ВЕЛТЕК-Н351-G (Ø 1,2–2,6 мм);
- под флюсом марок АН-348А, АН-60, АН-26, ВЕЛТЕК-Н351- S (Ø 2,0–4,0 мм).

*Воскобойников Д.Г. Филиал «Южная дорога» ПАО «Укрзалізниця»,
Гребенюк В.А. Украинский государственный университет железнодорожного
транспорта, Харьков, Украина*

АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ РАЗРУШЕНИЯ АВТОСЦЕПКИ СА-3

Учитывая, что через автосцепку вагона передаются большие нагрузки в процессе работы подвижного состава, а также и то, что детали механизма работают в сложном режиме: сжатия, растяжения, кручения, изгиба и трения, поэтому вопрос выявления причин выхода их строя автосцепки, а вместе с тем и вопрос совершенствования ее ремонта стоит актуально и в настоящее время.

Проанализировав показания нескольких депо по ремонту подвижного состава на железных дорогах Украины, можно сделать предварительный вывод о том, что наиболее распространенным видом неисправности является естественный износ рабочих поверхностей автосцепки. Но наряду с этим, во многих случаях обнаруживаются трещины как на корпусе, так и на деталях автосцепки. Самым «болезненным местом» является переход хвостовика к головке автосцепки, а также излом предохранителя замка.

Возможных дефектов, которые возникают в процессе эксплуатации автосцепки, только на самом ее корпусе насчитывается около 20, из которых 13 устраняется путем наплавки. Что касается непосредственно деталей механизма, то дефекты представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Дефекты деталей механизма

Наименование	Количество возможных дефектов	Количество устранений путем наплавки
замок	9	6
замкодержатель	7	3
предохранитель замка	5	2
подъемник замка	5	2
валик подъемника	5	3

Причины появления дефектов заключаются в следующем:

1. Металлургические дефекты при отливке как корпуса, так и деталей автосцепки (раковины как наружные так и внутренние, образование так называемых чернот и пор), как показала практика, именно в этих местах появляются трещины в процессе эксплуатации.

2. Слабая износостойкость металла в местах интенсивной работы (трущиеся и ударные поверхности).

При деповском ремонте несоблюдение технологического процесса ремонта автосцепки, а именно:

1. Нарушение технологии разделки трещин при электродуговой или поверхностно-кислородной резке. Учитывая, что толщина стенки корпуса автосцепки при литье не всегда выдерживается одинаковой, допускаются сквозные прожоги стенки по всей длине разделки, что недопустимо. Несоблюдение длины линии разделки, которая должна быть больше длины трещины на 8–9 мм.

2. Нарушение технологии сварки.

Существуют разные методы, установки и приспособления по устранению этих дефектов и недостатков, но зачастую оборудования для их реализации не всегда можно использовать на всех депо по причине высокой цены та сложности обеспечения экологического состояния при проведении работ.

Многие депо сегодня физически не готовы определенного вида ремонта автосцепки из-за отсутствия необходимой установки, оборудования или материалов, поэтому в большинстве случаев автосцепки направляются для ремонта на заводы-изготовители.

Поэтому не только для заводов-изготовителей, но и для вагоноремонтных депо необходимо внедрять передовую технологию износостойких наплавов, а также совершенствование процесса сварки трещин корпуса и механизмов автосцепки.

Анкуда С. Н., Хейфец И.М. Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь

Федоров В.П. Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Интенсификация процессов создания новых конкурентоспособных изделий требует сокращения сроков и повышения качества проектно-конструкторских и производственно-технологических работ. Эти требования можно обеспечить только применяя новые технологии проектирования, основанные на использовании методов математического моделирования и вычислительной техники.

Модель – это объект (например: явление, процесс, система, установка и др.), находящийся в отношении подобия к моделируемому объекту. Под подобием понимается взаимно однозначное соответствие между двумя объектами. Модели выделяются по своему назначению, а значит и по выполняемым функциям, структуре и т.д.

Информационные (описательные), используемые в качестве обучающих или советующих систем, для изучения взаимного влияния факторов на выходные параметры, установления границ, в пределах которых достигается рациональный режим работы системы и т.д.

Оптимизационные, используемые для поиска оптимальных условий протекания процесса в системе. В качестве оптимизационных могут применяться информационные модели, дополненные блоком оценки результата на основании целевой функции, с учетом налагаемых ограничений на изменение входных и выходных переменных.

Управления (регулирования) процессом, используемые для воздействия на систему в реальном масштабе времени с целью компенсации нежелательных случайных возмущений и смещения системы в направлении экстремального значения целевой функции. Модель является компонентом системы автоматического управления (САУ).

Эвристические, используемые для получения новых знаний и изучения механизма процессов на основе сопоставления результатов моделирования и натуральных измерений, выдвижения и проверки новых гипотез о структуре взаимосвязей между факторами, введения дополнительных факторов в модель и т.д.

Создание сложных технических объектов, включающее моделирование и управление, возможно без привлечения методов искусственного интеллекта, направленных на решение определенного класса задач при их специфической алгоритмизации, составляющих класс генетических алгоритмов.

Привлечение методов искусственного интеллекта предполагает использование интеллектуальных систем управления (ИСУ), в основе которых лежит идея построения высокоорганизованных систем автоматического управления, основанных на использовании моделей переменной сложности и неопределенности, с выполнением таких интеллектуальных функций, присущих человеку, как принятие решений, планирование поведения, обучение и самообучение в условиях изменяющейся внешней среды.

Обучение – способность системы улучшать свое поведение в будущем, основываясь на прошлой экспериментальной информации о результатах взаимодействия с окружающей средой.

Самообучение – обучение системы без внешней корректировки, т.е. без указаний «учителя».

Интеллектуальная система управления такая система, в которой знания о неизвестных характеристиках управляемого объекта и окружающей среды формируются в процессе обучения и адаптации, а полученная при этом информация ис-

пользуется в процессе автоматического принятия решений для улучшения качества управления.

Необходимый признак ИСУ – наличие базы знаний, содержащей сведения, модели и правила, позволяющие уточнить поставленную задачу управления и выбрать рациональный способ ее решения.

Математические модели связывают входные (независимые) переменные процесса $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$, называемые воздействиями, с выходными (зависимыми) характеристиками $Y(y_1, y_2, \dots, y_m)$, которые обычно именуют откликами, в виде уравнения связи.

$$Y=f(X) \quad (1)$$

Любому реальному процессу свойственны случайные колебания, вызываемые физической изменчивостью каких-либо факторов $x_i \pm \Delta x_i(t)$ или внешними случайными воздействиями. В силу этого при равном среднем значении входных характеристик $X(t)$ в моменты t_1 и t_2 выходные параметры $Y(t)$, будут неодинаковыми.

Поэтому для вероятностных процессов, где по сравнению с $x_i(t)$ нельзя пренебречь случайными колебаниями $\Delta x_i(t)$ и случайными внешними воздействиями x

$j(t)$, необходимо характеризовать систему с учетом статистического закона распределения мгновенных значений $Y(t)$ относительно средней величины $Y_{cp}(t)$ уравнением

$$Y(t) = Y_{cp}(t) \pm \Delta Y(t) = f(X) + z(\Delta X, x) \text{ ср ср} \quad (2)$$

Модели, отображающие случайный (стохастический) характер параметров и факторов системы, называются статистическими или стохастическими в отличие от детерминированных, не учитывающих вероятностных характеристик процессов.

По мере уменьшения величины параметров ΔX и x уравнение (2) приближается по структуре к уравнению (1), описывающему детерминированные системы.

Обычно детерминированные модели, представляющие собой систему уравнений, удается составить только в тех случаях, когда о процессах в описываемой системе имеются ясные физические представления и эти представления можно формализовать. В таких случаях говорят, что система представляет собой «белый ящик» – объект с известной структурой и функциями. Однако получаемая таким образом модель может оказаться громоздкой, а ее информационное обеспечение весьма трудоемким. Поэтому часто используют статистические модели для описания детерминированных систем. В таких случаях рассматри-

вают систему как «черный ящик» с неизвестной структурой, в котором доступны для изучения только контролируемые входные параметры X и измеримые выходные характеристики Y .

Детерминированные модели, могут также использоваться для описания стохастических систем, если объектом изучения являются их усредненные характеристики. Таким образом, статистические модели являются более широким классом моделей и включают детерминированные модели как предельный случай, в котором выходные параметры Y однозначно определяются входными переменными X .

В последнее время все более широко распространяется построение и исследование моделей поведения сложных технических объектов и способов управления ими на основе имитации реализованных природой механизмов в живых существах, т.е. происходит биологизация процессов моделирования и управления. Возможно и совместное применение различных моделей и методов при обработке информации об одном и том же объекте – в этом состоит сущность гибридной.

Наибольшее распространение при проектировании ИСУ получили методы интеллектуального управления (ИУ), которые относятся: экспертные и нечеткие системы; нейронные сети и генетические алгоритмы.

Нейронные сети (НС) – раздел искусственного интеллекта, для обработки сигналов в котором используются явления, аналогичные явлениям, происходящим в нейронах живых организмов. Их важнейшей особенностью является возможность параллельной обработки информации всеми звеньями. Громадное количество межнейронных связей позволяет значительно ускорить процесс обработки информации и сделать возможным преобразование сигналов в реальном времени. Большое число межнейронных связей обеспечивает устойчивость НС к ошибкам: в этом случае функции поврежденных связей берут на себя исправные линии и деятельность сети не претерпевает существенных возмущений.

Основу каждой нейросети составляют относительно простые, в большинстве случаев – однотипные, элементы (ячейки), имитирующие работу нейронов мозга. Под нейроном будет подразумеваться искусственный нейрон, то есть ячейка нейросети. Он обладает группой синапсов – однонаправленных входных связей, соединенных с выходами других нейронов, а также имеет аксон – выходную связь данного нейрона. Каждый

синапс характеризуется величиной синаптической связи или ее весом. Выход нейрона есть функция его состояния – «функция активации», или «передаточная функция» нейрона. Одним из важных факторов является способ ее обучения. Выделяют два подхода: обучение с учителем и обучение без учителя. При обучении с учителем предполагается, что, помимо входных сигналов, известны также и ожидаемые выходные сигналы нейрона. Если такой подход невозможен, следует выбрать стратегию обучения без учителя. Подбор весовых коэффициентов в этом случае проводится на основании либо конкуренции нейронов между собой, либо с учетом корреляции обучающих и выходных сигналов.

Одно из самых важных свойств НС состоит в способности к обучению и к обобщению полученных знаний. Сеть обладает чертами искусственного интеллекта. Натренированная на ограниченном множестве обучающих выборок, она обобщает накопленную информацию и вырабатывает ожидаемую реакцию применительно к данным, не обрабатывавшимся в процессе обучения.

Генетические алгоритмы (ГА) – большая группа методов адаптивного поиска и многопараметрической оптимизации, связанная принципами естественного отбора и генетики. Генетические алгоритмы – это методы случайного глобального поиска, копирующие механизмы естественной биологической эволюции. ГА оперируют с по-

пуляцией оценок потенциальных решений (индивидуумов), генерируя по принципу «выживает наиболее приспособленный» все более близкие к оптимальному решению. Процесс такой последовательной генерации приводит к эволюции популяций индивидуумов, которые лучше соответствуют окружающей среде по сравнению с предыдущими.

ГА отличаются от обычных методов оптимизации рядом обстоятельств. В частности, они представляют собой метод параллельного поиска глобального экстремума, использующий в процессе поиска сразу несколько кандидатов на решения (закодированных точек), которые образуют развивающуюся по определенным случайным законам популяцию. Используемые при этом механизмы позволяют отсеять неподходящие варианты и выделить, а затем и усилить положительные качества вариантов, наиболее полно отвечающих поставленной цели. Целевыми функциями могут быть:

ошибка идентификации и прогноза в текущий или будущий момент времени; один из показателей качества процесса (функционал);

ошибка обучения НС – рассогласование между выходными объекта и эталонной модели системы.

Применение ГА охватывает не только класс традиционных задач оптимизации, но и быстро распространяется на задачи управления сложными динамическими объектами в условиях неопределенности.

Аверченков В.И., Надуваев В.В., Фролов Е.Н.

Брянский государственный технический университет, Брянск, Россия

ПРОИЗВОДСТВО ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ НАНОАЛМАЗОВ ПОЛУЧАЕМЫХ ДЕТОНАЦИОННЫМ СПОСОБОМ

На современном этапе промышленного развития основной тенденцией технического прогресса является технологическая модернизация производства. Наряду с этим постоянно растут требования к повышению производительности

обработки, а также к качеству обрабатываемых рабочих поверхностей.

Такое состояние производства определяет постоянный рост применения различных синтетических сверхтвердых материалов, которые по

своей твердости и прочности в 3–5 раз превышают обрабатываемый материал. Теоретические и экспериментальные исследования при производстве синтетических алмазов ведутся в направлении изыскания возможностей как наиболее эффективного использования их в традиционных областях, так и для расширения областей применения, а также в направлении разработки новых методов изготовления поликристаллических алмазов с заданными свойствами, обеспечивающими условия их дальнейшей эксплуатации.

Исходными материалами для производства (спекания) поликристаллических сверхтвердых материалов (ПСТМ) могут служить как шлифпорошки алмазов синтетических (АС) зернистостей 5/3–14/10 мкм, так и синтетические ультрадисперсные алмазы (УДА) – наноалмазы, получаемые детонационным синтезом под воздействием энергии взрыва тротил-гексогена, размер наноалмазных частиц которых составляет 3–20 нм в зависимости от условий протекания процесса синтеза.

Наиболее распространенный способ спекания поликристаллических алмазов – предварительное холодное брикетирование шихты из наноалмазов, а затем – спекание в пресс-формах аппаратов высокого давления (АВД) с пропусканием импульса электрического тока. В настоящее время электроимпульсное спекание является наиболее перспективным методом активированного спекания ПСТМ.

Суть метода состоит в сжатии брикетов шихты статическим давлением с последующим разогревом и спеканием путем пропускания через нее импульсного электрического тока. Спекание поликристаллических алмазов обычно осуществляется на специальных прессовых установках с усилием 5–10 МН. При этом в рабочей зоне камеры АВД создается давление 10–15 ГПа в диапазоне температур 3000–4000 К, в зависимости от требуемых характеристик спекаемых поликристаллических алмазов.

Алмазные инструменты изготавливаемые в

дальнейшем из ПСТМ можно условно разделить на два класса [1]:

- многокристалльные инструменты, к которым относятся буровые коронки, правящие инструменты и отдельные виды режущих инструментов;
- однокристалльные инструменты, к которым относятся режущие и контрольно-измерительные инструменты, алмазные волокна и правящие инструменты некоторых видов.

Многокристалльные инструменты чаще всего изготавливают из необработанных кристаллов технических алмазов или дробленых ПСТМ сравнительно небольшой массы – до 0,02 карат. Однокристалльные инструменты обычно изготавливают из ПСТМ более крупных размеров (0,02–7,0 карат), используя при этом целиковые спеки или применяют резку спеков на сегменты.

В настоящее время разработана широкая номенклатура инструментов из ПСТМ, имеющих различные физико-механические свойства, выбираемые в зависимости от обрабатываемого материала и условий эксплуатации алмазного инструмента. Так на основании вышеизложенного были созданы варианты технологических процессов изготовления широкой гаммы конструкций алмазных инструментов различного назначения из ПСТМ [2]. Представленные выше материалы показывают, что создание новых конструкций алмазного инструмента из ПСТМ позволяет не только значительно расширить область эффективного применения предлагаемого инструмента в различных отраслях металло- и камнеобрабатывающей промышленности, но и в определенной степени исключить возможность использования инструментов из природных алмазов.

В заключении следует отметить, что как показали предварительные исследования и расчеты технико-экономической эффективности себестоимость инструментов ПСТМ изготавливаемых из наноалмазов, получаемых детонационным способом в среднем в 8–10 раз ниже себестоимости инструментов изготавливаемых из природных алмазов [3, 4].

Литература

1. Надуваев В.В., Фролов Е.Н. Перспективы использования инструментальных материалов Св-алмазов в промышленности // Справочник. Инженерный журнал. – 2009. – №10. – с. 49–54.
2. Аверченков В.И., Надуваев В.В., Фролов Е.Н. Технология производства поликристаллических алмазов используемых в различных отраслях промышленности // Мат. международ. науч.-практ. конф. «Металлообработка - 2015», г. Минск. –Мн.: БНТУ, 2015. – С. 11–3.
3. Аверченков В.И., Надуваев В.В., Фролов Е.Н. Технология производства поликристаллических алмазов на основе синтетических наноматериалов получаемых детонационным способом // Мат. международ. науч.-практ. конф. «Технология оборудование-инструмент-качество», г. Минск. –Мн.: БНТУ, 2016. –С.7–.
4. Аверченков В.И., Надуваев В.В., Фролов Е.Н. Формирование поверхностей с использованием инструментальных материалов СВ-алмазов // Известия ТГУ «Технические науки». –Тула: ТГУ, 2016. – ч. 1. – С. 306–15.

Бурлаков В.И. Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины, Киев, Украина

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ СВОБОДНЫМ АБРАЗИВОМ

На современном этапе развития машиностроения проблема отделочно-зачистной обработки деталей стоит особенно остро. Это связано с тем, что основные операции механической обработки интенсивно механизмируются и автоматизируются, а зачистные операции выполняются зачастую вручную или с применением простейших слесарных средств. Поэтому, все большую роль играют высокопроизводительные методы отделочных операций в технологическом процессе изготовления деталей, основанные на обработке свободным абразивом, что обусловлено высокими требованиями, предъявляемыми к качеству поверхности деталей.

Большие перспективы в области отделочно-зачистной обработки деталей в среде мелкозернистого абразива открыло использование энергии сжатого воздуха для осуществления процесса. Применение сжатого воздуха в качестве энергоносителя позволяет создать широкий диапазон конструкций оборудования и технологических процессов обработки мелкозернистым абразивом. При этом перемещение абразивных частиц под воздействием сжатого воздуха может быть главным движением, как в случае струйно-абразивной обработки, либо создавать условия для увеличения площади контактирования абразива с обрабатываемой деталью, как в случае турбоабразивной обработки.

Применяемые свыше трех десятилетий пневмоструйно-абразивная или пескоструйная обработка позволяют осуществить процесс на простом в конструктивном отношении оборудовании, без принятия защитных мер, предотвращающих коррозию обработанной поверхности. В ходе процесса можно использовать достаточно крупные зерна, приближая его производительность к дробеструйной обработке. Применение низкого (до 0,6 мПа) давления сжатого воздуха и невысокая стоимость оборудования делают доступным при-

менение пневмоструйной обработки.

В области финишной обработки большое внимание уделяется галтовочным и виброабразивным методам зачистки. Преимущественно используют два галтовочных метода: сухой и жидкостный.

Сущность сухого метода заключается в том, что загрузка состоит из деталей и абразива. При жидкостном методе в камере галтовочной установки добавляется антикоррозионная жидкость. Основные движения галтовочного метода – относительное скольжение деталей и абразива в верхнем слое рабочей среды по мере вращения барабана, что обуславливает невысокую производительность обработки.

Именно это обусловило, начиная с середины семидесятых годов, снижение интереса исследователей к данному виду обработки, а основное внимание начало уделяться виброабразивной обработке.

Рабочим движением, при виброабразивной обработке, является колебательное перемещение абразивного инструмента относительно неподвижно закрепленных или свободно движущихся обрабатываемых деталей, которые подвергаются обработке в виброабразивной установке.

Развитие вибрационной технологии позволило создать такой метод отделочно-зачистной обработки, как шпиндельная вибрационная обработка деталей. Виброшпиндельная обработка представляет собой процесс обработки поверхностей деталей, преимущественно тел вращения, которые контактируют с порошкообразной рабочей средой. Обработка осуществляется посредством съема мельчайших частиц металла или пластического деформирования обрабатываемой поверхности в результате относительного ее скольжения и соударения с высокой скоростью с частицами рабочей среды. Закрепленной на шпинделе станка детали сообщается вращение или другие виды дви-

жения, а рабочая среда подвергается воздействию направленных вибраций в камере. Отсутствие жесткой кинетической связи деталей и абразива при данном методе позволяет увеличивать производительность в результате многошпиндельной обработки с целью максимального использования объема рабочей камеры. Вибрация рабочей камеры создает условия для получения требуемого давления рабочей среды, ее перемешивания.

В центробежно-планетарных машинах контейнеры движутся планетарно: вращаются вокруг собственных осей и относительно цен тральной оси. Предусматривается, как правило, несколько контейнеров, иначе подобная машина становится источником низкочастотных колебаний. Поскольку центробежные силы, действующие на загружаемые детали и абразив, превышают по величине гравитационные силы на порядок и более, для работы таких установок несущественно расположение центральной оси в вертикальной или в горизонтальной плоскости. Требуемое соотношение между частотами вращения барабанов вокруг собственной и центральной осей обеспечиваются специальными кинематическими цепями или раздельными приводами. Интенсивность обработки деталей в таких установках очень высока. Время зачистки, в зависимости от величины заусенца, не превышает 40–50 минут.

Особое место среди отделочно-зачистного оборудования занимают установки типа «ТУРБУЛА», а также системы «ШАТЦ», в которых движение (вращение) контейнера совершается в двух плоскостях.

Такая возможность обеспечивается посред-

ством сложной системы карданной подвески рабочего контейнера. Имея сложную конструкцию, этот тип машин не обеспечивает технологических преимуществ перед центробежными установками, однако позволяет производить зачистную обработку мелких нежестких и точных деталей.

Анализ современных работ по отделочно-зачистной обработке свободным абразивом показывает, что наиболее производительными способами в настоящее время с достаточной полнотой исследованы методы обработки свободным абразивом при использовании отдельно центробежных и вибрационных сил, а также их суммирование, когда центробежные силы распределены по объему рабочей камеры неравномерно.

Таким образом, эффективность различных способов обработки неодинакова, а повышение производительности и качества обработки обеспечивается кинематикой процесса, выбором рабочей среды, режимами обработки.

Рассматривая и анализируя некоторые способы абразивной обработки деталей свободным абразивом, а именно, вибрационный и центробежный, можно сделать вывод, что, объединяя перечисленные способы, можно добиться повышения качества поверхности деталей и производительности их обработки.

При рассмотрении любого способа обработки деталей свободным абразивом, в основу исследований должны быть положены исследование процесса формообразования обрабатываемой поверхности деталей из различных материалов при воздействии единичным абразивом и исследование динамики движения свободного абразива.

Мокош Л., Старшицны П.

Испытательная лаборатория VVUU, а.с. Острава-Радванице, Чехия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВО ВЗРЫВООПАСНЫХ ЗОНАХ (ЕХ)

Для многих видов современных материалов данные по безопасности можно легко найти в специализированной литературе, либо в базах

данных в Интернете и т.д., однако данные значения носят скорее информативный характер.

Самым надежным способом получения наибо-

лее точной информации о взрывоопасности и пожароопасности применяемого материала является экспериментальная проверка с последующим описанием проведенных испытаний при помощи пожарно-технических характеристик (ПТХ) в соответствии с определенными Постановлениями, действующими стандартами или собственными аккредитованными процедурами проведения испытаний. Проверка свойств веществ в аккредитованной лаборатории, как правило, необходимо и в иных случаях, когда параметры безопасности не известны (новые химические продукты, суспензии и т.д.).

ПТХ, за исключением некоторых, не являются постоянными физическими величинами, но величинами, которые во многом зависят от качества материала, методов проведения испытаний и условий тестирования. Отдельные технические параметры безопасности необходимы пользователю, с точки зрения технологического процесса (напр., теплотворная способность), с точки зрения безопасности (напр., взрывчатость, воспламенение и возгорание), а так же для оценки рисков, связанных с использованием данных видов современных электротехнических материалов.

В зависимости от результатов тестов, как можно точнее достигается цель проведения испытаний – предложение соответствующих мер по защите от возникновения возгорания и взрыва, соответственно, и от последствий, которые могут вызвать данные явления:

– **температура возгорания** – определяется самая низкая или самая высокая температура окружающей среды, при которой происходит самопроизвольное воспламенение при отсутствии внешнего источника воспламенения;

– **температура воспламенения** позволяет оценить возможность классификации взрывобезопасного в зонах ex по классам теплостойкости;

– **температура тления** осажденного слоя пыли позволяет сопоставление классу теплостойкости в зонах ex во взрывобезопасном исполнении в среде с опасностью возникновения взрывоопасности материала;

– **температура вспышки** слоя пыли позволяет определить минимальную температуру горячей поверхности, при которой, если произойдет приближение пламени, произойдет вспышка.

– **параметры возгорания:** индекс возгорания рmax – это максимальное давление для высокой концентрации взаимодействующих фракций, индекс возгорания (dp/dt)max – это отношение максимальной скорости нарастания давления ко вре-

мени, определяемое экспериментальным путем. Значения индексов возгорания (параметров взрыва) необходимы для квалифицированного расчета и разработки проекта для элементов по защите от взгорания (мембран, клапанов);

– **предельное содержание кислорода** – параметр для защиты производственного оборудования и технологических процессов от опасности возникновения взрыва с использованием инертного газа (N₂, CO₂ и т. д.);

– **минимальная энергия инициирования emin** – это энергия искры, достаточная для воспламенения защитных материалов. На практике данное значение в основном используется для защиты устройств от электростатических разрядов.

– **определение склонности к самовоспламенению** – показывает склонность порошковых материалов к самовоспламенению при хранении, определение времени индукции, когда порошкообразная масса при определенных условиях способна к самовоспламенению.

Классификация материалов в соответствии с правилами по международной перевозке МПОГ/ДОПОГ (RID/ADR). Можно сказать, что свойствами горючести обладает практически любое вещество в порошкообразном состоянии, помимо чисто неорганических веществ, например, доломита, известняка и других оксидов и солей металлов.

Для образования взрывчатой смеси горючей пыли с воздухом должно быть достаточное количество пылевых фракций. Концентрация, при которой возникает опасность взрыва, называется нижним пределом взрывчатости и определяется в граммах взвешенной пыли в данном объеме (г×см⁻³).

В замкнутом пространстве (оборудовании), независимо от объема данного пространства, взрывоопасным считается объем в 10 л взрывоопасной смеси. В пространстве менее 100 м³ взрывоопасным считается смесь в количестве одной десятитысячной (0,0001) объема пространства (всего несколько литров). При этом пространством с опасностью возникновения взрыва считается не весь объем, а лишь та часть пространства, в которой может образоваться взрывчатая смесь.

В настоящее время появляются новые подходы (методы) по защите от возгорания и взрыва, которые не основываются на точных научно обоснованных сведениях, таким образом, в значительной степени могут способствовать созданию ложных обоснований, которые могут послужить причиной возникновения крупных аварий на

промышленных объектах.

Данная ситуация возникает в результате отличающихся подходов к вопросам безопасности во всем мире. При последующей установке не-

достаточно оснащенных элементов защитных устройств на технологическое оборудование существует реальная опасность возгорания со всеми вытекающими последствиями.

Перепічай І.І., Перепічай А.О., Рабкіна М.Д., Мутас В.В. Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, Київ, Україна

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОГО РЕМОНТУ ЗВАРЮВАННЯМ КОЖУХОТРУБНИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ

На даний час в нафтопереробному комплексі України існує велика кількість обладнання, яка вичерпала свій проектний ресурс та потребує заміни. Але тим не менше, значна частина з них залишається в дії, у зв'язку з чим постає питання безпечної продовження її експлуатації. Варто зауважити, що найбільш уразливими серед інших об'єктів, постають теплообмінні апарати, термін служби яких індивідуальний навіть в рамках одного підприємства [1].

Аналіз результатів моніторингу тривалої експлуатації оболонкових конструкцій в нафтопереробній галузі в цілому, в тому числі теплообмінників, включаючи підігрівачі і ребойлери, холодильники і конденсатори, випарювачі і трубні пучки [2], показав, що вплив агресивного середовища, високих температур та тиску призводить до виникнення в металі специфічних дефектів, крім тих, що пов'язані з процесами виготовлення конструкції в допустимих нормах меж, зокрема із зварюванням. Серед експлуатаційних дефектів особливий вплив на працездатність конструкцій несуть: поверхнева і воднева корозія, корозійне розтріскування і міжкристалічна корозія, зміна хімічного складу і механічних властивостей, включаючи повзучість металу [3].

На основі результатів перманентної експертної технічної оцінки протягом більше 20 років близько 700 кожухотрубних теплообмінників, як первинної, так і вторинної переробки нафти, ви-

явлено, що в цілому, в оболонках із низьколегованих та вуглецевих сталей виникає поверхнева корозія (рис. 1), а в двохшарових – з теплостійких і корозійностійких сталей – міжкристалічна корозія (рис. 3). При цьому горизонтальні теплообмінні апарати схильні до значних корозійних пошкоджень саме в нижній частині, як на внутрішній поверхні кожуха (див. рис. 1), так, власне, і на трубному пучку (рис. 2).

Для дослідження напружено-деформованого стану при заварці типового дефекту по одній з існуючих технологій [4] проведено скінченно-елементне моделювання. В програмному комплексі відтворено почергове накладання швів в два шари (рис. 4). Перший шар від середини до країв, кожний наступний шов міняє напрямок на протилежний; та другий шар таким самим чином, як і перший, тільки напрямок швів другого шару протилежний напрямку швів першого шару.

Для розрахунку використовувалась геометрична модель, розроблена згідно вимог вище згаданої технології. Для зменшення часу розрахунку, проводилось моделювання ділянки корпусу теплообмінника розміром 400×300 мм. Побудову скінченно-елементної моделі приведено на рис. 5.

Таким чином, в результаті аналізу металу теплообмінних апаратів, як найбільш уразливої складової нафтопереробного виробництва, показано, що найпоширеніші дефекти, які мають місце при тривалій експлуатації цього обладнання – це корозійні виразки. Тому пропонується



Рисунок 1 – Корозійні виразки на денці плавзоловки теплообмінника зі сталі 17ГС



Рисунок 2 – Корозійні відкладення в нижній частині трубного пучка із сталі 15Х5М

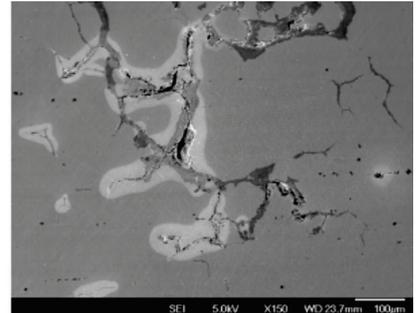
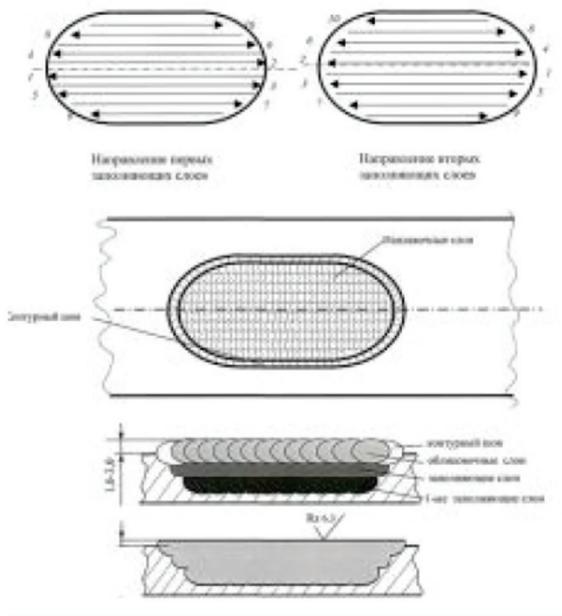


Рисунок 3 – Міжкристалітна тріщина в плакуючому шарі двошарової сталі 12ХМ+08Х18Н10Т



Временная инструкция по технологиям ремонта сваркой дефектов труб и сварных соединений газопроводов ОАО «Газпром» 2005г.

Рисунок 4 – Схема заварювання корозійного дефекту

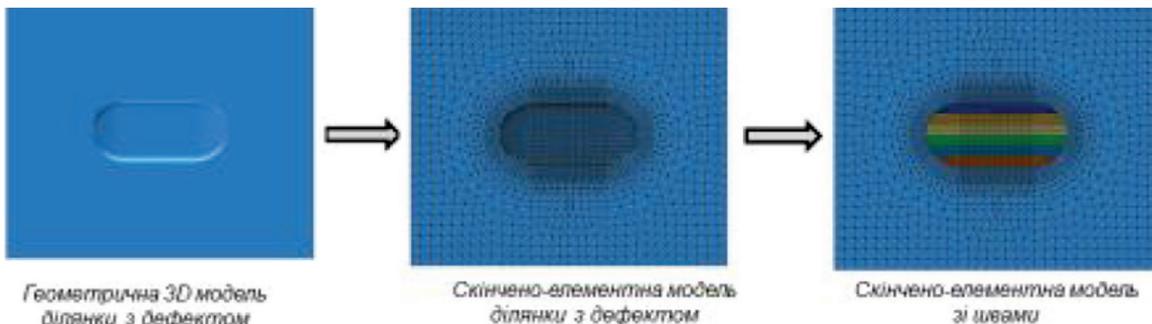


Рисунок 5 – Розробка моделі з корозійним дефектом та розбиття сіткою скінченних елементів

розглянути існуючі і діючі на даний час нормативи по заварюванні аналогічних дефектів на оболонкових конструкціях та трубопроводах.

В результаті моделювання отримано розподіл напружень на зовнішній та внутрішній поверхні дефекту (рис. 6).

За результатами моделювання по застосованій технології наведено, що максимальні еквівалентні напруження виникають на внутрішній стінці кожуха теплообмінника (моделі), а величина цих напружень перевищує границю текучості для даної сталі, що пояснюється значним рівнем пластичної деформації та зміною мікроструктури (зокрема, появою мартенситу).

Варто зазначити, що високий рівень напружень та зменшення пластичності металу може негативно вплинути на подальшу працездатність теплообмінника.

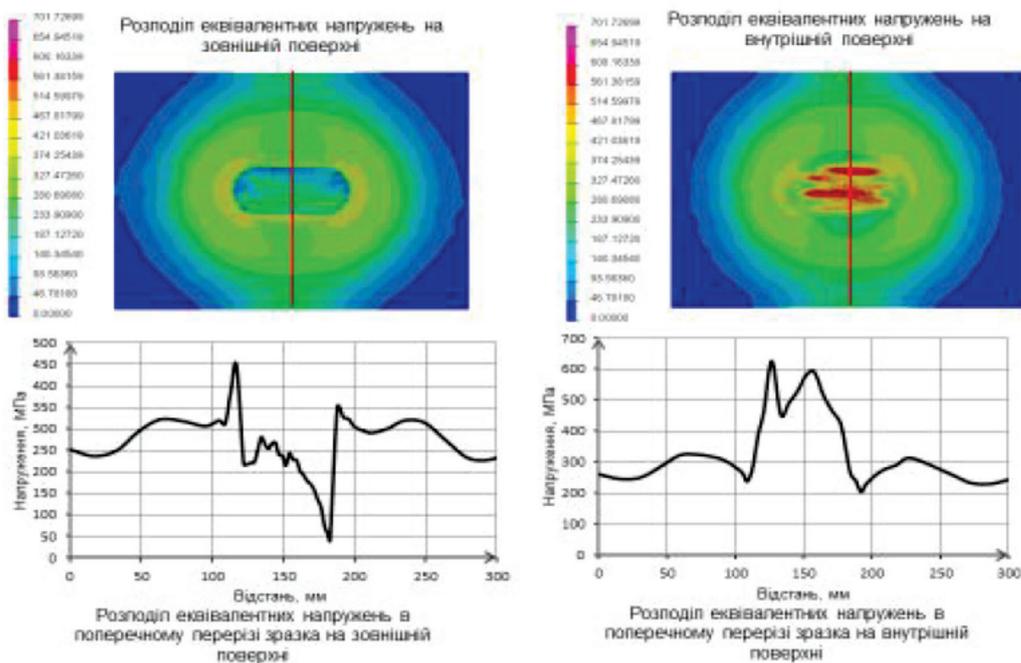


Рисунок 6 – Результати моделювання пластини з дефектом

Література

1. Назначение и классификация теплообменных аппаратов: Режим доступа <https://openedu.urfu.ru/files/book/Глава%201.html>
2. Комплекс оборудования для ремонта и обслуживания трубных пучков /И.Г. Богородский, Я. Веркайк, Ф. ван Алевайк, Ю. Балье // Мат. семинара «Конструктивные и технологические решения по повышению эффективности тепло-массообменной и других видов аппаратуры нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств», г. Москва. –М., 2009. –С. 121–25.
3. Повзучість_матеріалів: Режим доступу <https://uk.wikipedia.org/wiki>
4. Временная инструкция по технологиям ремонта сваркой дефектов труб и сварных соединений газопроводов. – М.: Газпром, 2005.

*Pihl T. Tallinn University of Applied Sciences,
Tallinn, Estonia*

THE RENOVATION TECHNOLOGY WITH COMBINED METHODS

Electroplating is a metal coating process, wherein a thin metallic coat is deposited on the specimen by means of ionized electrolytic solution. The specimen (cathode) and the metallizing source material (anode) are submerged in the solution where a direct

electrical current cause the metallic ions to migrate form the source material to the work piece. Plating is carried out for many beneficial reasons: corrosion resistance, improved appearance, wear resistance, higher electrical conductivity, better electrical contact

and other properties. Electroplating for different aluminium alloys may be serious problem if the purposed is to renovate worn or damaged surfaces. In this case the solution is to use good bond coating material for old- and new coating. In the current research are also used gas-dynamic powder spraying to achieve bond coat and after that it is possible to electroplate with different coatings [1].

The materials for gas-dynamic coatings depend of base material and mechanical properties for repair or renovating.

Specimens of aluminium alloy (EN AW 2024, EN 573) with dimensions 30×30×4 mm were blasted with Al₂O₃ abrasive and coated with copper up to thickness of 150 μm. Given bond coat was sprayed with gas-dynamic spraying equipment Dymet 413. The specimens with same dimensions were subsequently polished to the surface roughness (Ra) of 0,8 μm for electrochemical (electroplated) coatings. The electroplated bond coat was blasted to have thickness of 7 μm (table 1).

Table 1

Blasting parameters for cold spraying bond coat

Gas for transportation: pressure of compressed air	0,6–1,0 MPa
Temperature of heated gas	30–500 °C
Gas flow	0,3–0,4 m ³ / h
Spraying distance	10–50 mm
Powder feeding	0,3–3,0 kg/h
Machine used	ILB 120
Grit used Al ₂ O ₃	100–150 μm
Air pressure	0,6 MPa
Distance	40–50 mm

Equipment for cold spraying was Dymet 413 shown in Fig 1.

In the current research were used two different technologies for making the bond coat. Firstly base coat with cold spraying equipment Dymet 413 was made and after that bond coat was on based by electroplating. For sprayed bond coat were used special powder on base of copper (commercial type

C-01-01, Cu and Al₂O₃). The bond strength of the sprayed layer was from 40 MPa to 50 MPa.

The electroplating (brush plating) was done by applying commercially available solutions from Sifco Inc. The electroplating was carried out according to the supplier’s recommendations and specifications with the following parameters:

Mean current density $I = 1,5 \text{ A/cm}^2$

Mean temperature $t = 30 \text{ °C}$

Single phase power pack SMPX 60-35

Electrolytes properties from supplier and research data can be followed in Table 2.

Hard chrome coating electrolyte were made on the base of chrome crystals from Caswelle Inc, H₂SO₄ and mixed with distilled water [3]. The coated aluminium alloy specimen is shown in Fig. 2.

In figure 3 is shown the structure of sprayed copper and electroplated chromium coatings.

In figure 4 is given structure, where are shown two electroplated coatings. Bond coat is nickel and top coat chromium. The deposited thickness of the coating was 200 μm.

In figure 5 is shown wear resistant hard chrome coating without bond coat. On the graph of the microstructure can also be followed the course of cracks and structure after the start of corrosion.



Fig. 1 – Cold spraying equipment Dymet 413

Table 2

Electrolytes for wear resistant coatings on aluminium [2]

Operation	Material	Volts	Polarity
Electro clean	SCM 4100	10 to 12	Forward
Pre-wet and etch	SCM 4300		Reverse
Pre-wet and pre-plate	Nickel SPS 5600		Forward
Electroplate	SPS 5727		
Electroplate	SPS 5644		

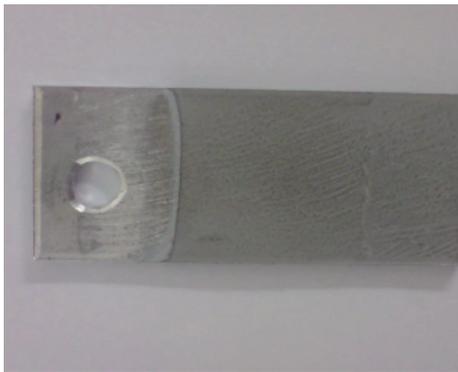


Fig. 2 – Coated specimen with hard chromium

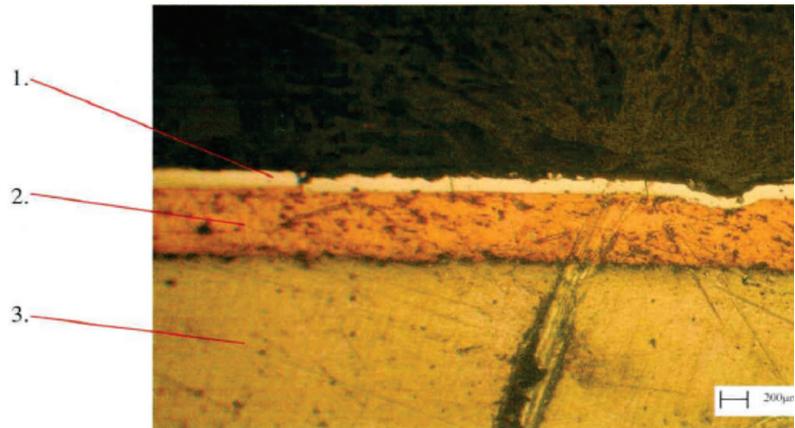


Fig. 3 – The coating structure: 1 – electroplated hard chromium, 2 – sprayed copper bond coat, 3 – base material (aluminium)

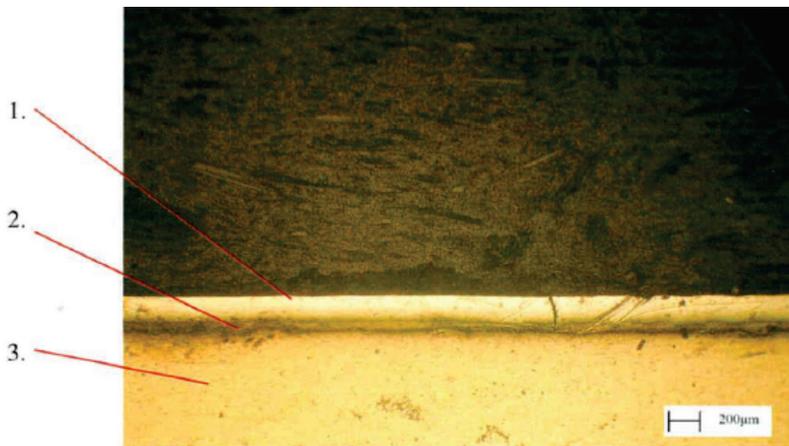


Fig. 4 – The electroplated coatings structure: 1 – electroplated chromium, 2 – electroplated nickel, 3 – base material aluminium

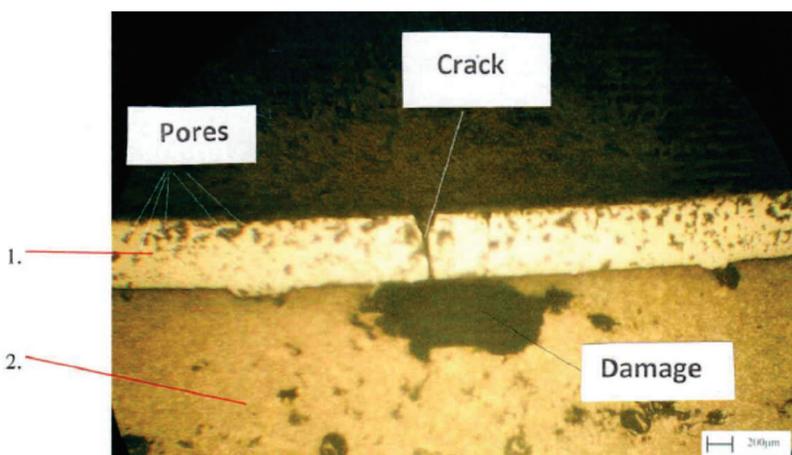


Fig. 5 – The structure of damaged hard chrome coating without bond coat; 1 – hard- chrome coating, 2 – base material (aluminium)

The properties of coatings depend on current density and deposition time. Using too low current density ($0,2-0,5 \text{ A/cm}^2$) causes the process to proceed slowly and bond strength between coating and base material will not be sufficient (Fig. 6).

The sprayed copper bond coat consist the small particles of Al_2O_3 (small black points) The results of the current research show that the depositing time has to be between 60–90 minutes. Using depositing time more 90 minutes causes appearance of cracks and increases the porosity. Increasing the thickness over $300 \mu\text{m}$, causes the need apply more than one layer and before depositing new layer heating the specimens up to $300 \text{ }^\circ\text{C}$ and hold steadily for 30 minutes. In figure 7 are shown the defects caused by wrong application parameters.

In the current research was investigated and measured the hardness of coatings as an important factor of sliding wear properties. The results of Vickers hardness are given in Table 3. From the measured data can be followed the dependence of base coat hardness



Fig. 6 – The structure of deposited coating with low current density: 1 – hard-chrome coating, 2 – bond coat (nickel), 3 – base material (aluminium)



Fig. 7 – The damaged structure of hard-chrome coating: 1 – hard-chrome coating, 2 – bond coat (nickel), 3 – base material (aluminium)

For testing the bond strength were used the bending of sprayed coating. The different results are shown in figures 8–11.

For renovation worn machine parts and different scratches the first crucial action is to prepare the surfaces. The next step will be filling the scratches or renovate the dimensions with gasdynamic spraying. The sprayed coatings structure are given in figures 12 to 17 below.

Before the electroplating it is needed to machine the surfaces.

Table 3

The Vickers hardness of electrochemical coatings

Specimen	Hardness
Base material AlCuMg1	75 HV 3/15
Base coat sprayed copper Top coat hard -chromium	141 H V3/15
Base coat nickel Top coat hard-chromium	269 HV 3/15
Base coat (Aeronickel) ¹ Top coat hard -chromium	342 HV 3/15
Commercially coated cilider	407 HV 3/15

¹ – Sifco product SPS 5644



Fig. 8 – The the coating bond strength tested samples



Fig 9 – Al Zn coating (90 deg)



Fig 10 – The tested sample with Cu (45 deg)



Fig 11 – The tested sample with Cu 90 deg)



Fig 12. The Ni Zn coating on aluminium



Fig 13. The Ni Zn coating on steel



Fig 14 The CuZn coating on aluminium alloy



Fig 15. The CuZn coating on steel



Fig 16 – The Ni coating on aluminium alloy



Fig 17 – The Ni coating on steel



Fig. 18 – The renovated shaft before hard chromium or Nickel coating



Fig. 19 – The renovated scratch in in engine block

Conclusions

The whole plating process where work piece from aluminium alloy was plated with hard chromium coating is described in detail. The research results were obtained in the laboratory.

Overall, it appeared that the galvanization is based on electrolytic process which allows plating decorative, wear-proof and corrosion resistant coatings. It also appeared that during the coating process it is recommended to use current in the range of $0,5-1,0 \text{ A/cm}^2$, in order to achieve the best relationship between the porosity and adhesion.

Structural studies showed that the hard chromium is by nature a very porous material and if too high current is used while plating the work piece, the number of pores increase rapidly. That as a result causes cracks in coating.

The research also showed that the thickness of the coating depends on the time of specimen handling. The longer the process lasts, the thicker coating is achieved. However, plating excessively thick coating layer increases internal tensions in plated metal which also cause cracking and chunking.

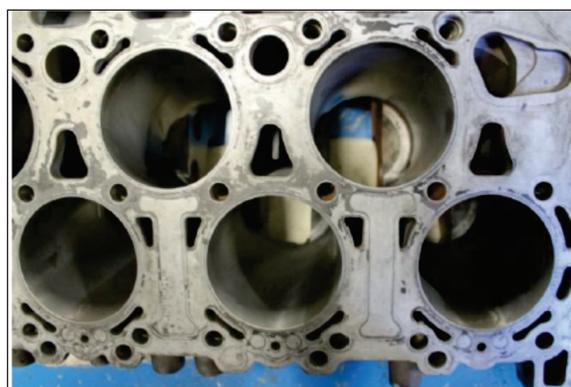


Fig. 20 – Renovated engine block with combined coatings

From the results of micro-hardness tests, which showed $257-336 \text{ HV } 3/15$, it can be concluded that the durability of the coating is very high, so the hard-chromium is suitable for cover the cylinders of engines or repairing defects as shown in Fig. 19 and Fig. 20.

Further investigations could be carried out in the field of electrolytes to get to know their precise formulations, which allows determining the impact

of different chemicals on plating results. In addition, the thickness of coating should be investigated due to internal tensions in other words; it is advisable to

continue the research to find out how thick layer at a time can be plated to prevent generating excessive internal stresses.

References

1. Rubinstein M. Electrochemical metallizing. – New York: Van Nostrand Reinhold CO, 1986 Caswell Inc. The Complete.
2. SIFCO Process Instruction Manual, 339. – England, 1999.
3. Planting Manual Version 9 UK / Europe (2007).

*Радько О.В., Науменко Н.О. Національний авіаційний університет,
Медведєва Н.А. Національний університет біоресурсів і природокористування України,
Скуратовський А.К. НТУ України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря
Сікорського», Київ, Україна*

УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ НА ПІДПРИЄМСТВІ МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ

Досвід провідних міжнародних компаній доводить, що стабільність розвитку бізнесу і підвищення ефективності управління неможливі без активного використання ризик-менеджменту як складової частини системи управління компанією незалежно від її масштабів і специфіки виробництва або надання послуг. Особливо важливим це є для підприємств машинобудівної галузі, яка займає одне з перших місць за масштабами виробництва, об'ємами продукції, що виробляється, за складністю виробничих та організаційних процесів. Чинниками, які підвищують актуальність вивчення проблеми організації управління ризиками на машинобудівному підприємстві є багатогранність форм прояву ризику, неможливість абсолютного уникнення його ймовірності, відсутність універсальних засобів мінімізації ризику та втрат.

У роботі запропонована методика управління ризиками для підприємства машинобудівної галузі, розроблена на підставі узагальнення результатів аналізу положень нормативних документів [1–3] та досліджень ряду фахівців у галузі управління ризиками [4–6].

Методика реалізується у декілька етапів:

1. Початок процесу управління ризиками.
2. Загальне оцінювання ризику.
3. Вироблення управляючих впливів.
4. Реалізація управляючих впливів.
5. Моніторинг та критичне аналізування.

Декомпозиція першого етапу виглядає таким чином:

- вибір об'єкта управління ризиками (наприклад, процес або група процесів);
- формування групи експертів (5–10 осіб, які повинні бути компетентні і належним чином поінформовані в галузі функціонування об'єкта управління ризиками. Наприклад, керівники та споживачі процесів тощо);
- збір вихідної інформації;
- визначення необхідних ресурсів;
- встановлення критеріїв ризику;
- визначення періодичності дослідження.

Другий етап складається з наступних підетапів: ідентифікування ризику, аналізування ризику, оцінювання ризику.

Для ідентифікування ризику експертною групою використовується метод «мозкового штурму» з наступною побудовою діаграми Ісікави, яка виступає в якості методу графічної візуалізації небезпек.

Стадії аналізування та оцінювання ризику полягають у визначенні рівня ризику для кожної виявленої небезпеки, що впливає на процес. Кількісне оцінювання ризиків здійснюють за методом аналізу видів та наслідків відмов FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) з визначенням «пріоритетного числа ризику» – RPN (Risk Priority Number):

$$RPN = S \cdot F \cdot D,$$

де $1 \leq S \leq 10$ – значимість (оцінка найбільш серйозного наслідку отенційної загрози (ризик) для об'єкту; $1 \leq F \leq 10$ – відображає ймовірність ви-

никнення конкретного ризику: 1 – для дуже рідко виникаючих загроз (при $p \leq 10^{-4}$) і 10 – для постійних загроз (при $p \geq 10^{-1}$); $1 \leq D \leq 10$ – оцінка можливості виявлення дефекту або причини його появи: 1 – для ризиків, які практично достовірно виявляються і 10 – для ризиків, які практично не можуть бути виявлені.

Складові RPN встановлюють шляхом експертного оцінювання.

Узгодженість думок експертів оцінюється за величиною коефіцієнта конкордації Кендалла (W), значення якого може перебувати в діапазоні від 0 до 1. Якщо $W = 0$, то думки експертів не узгоджені, якщо ж $W = 1$, то оцінки експертів повністю узгоджені.

Отримані величини RPN порівнюють з критичним значенням RPN_{кр}. Універсальних (для всіх видів діяльності, процесів, проектів) критеріїв вибору RPN_{кр} не існує. Кожна організація вибирає для себе власні методи оцінки і критерії прийнятності рівня ризику. Так, наприклад, у [3] для оцінки «технічних» ризиків (тобто ризиків виникнення відмов в конструкції виробленого виробу і в технології його виготовлення) за методом FMEA приведений наступний критерій: пріоритетне число ризику RPN – не більше 100–125 (де значення RPN може бути від 1 до 1000). Згідно з даними [6], при виробництві складових автомобільної техніки значення RPN = 70 не потребує, а RPN = 112 вже потребує запровадження запобіжних заходів. Ці дані також стали орієнтирами при визначенні RPN_{кр}.

Під час реалізації третього етапу методики – вироблення управляючих впливів – необхідно організувати роботу таким чином, щоби розроблені керуючі впливи були адекватні оціненим ризикам, тому що надлишкові заходи часто призводять до значних фінансових втрат. При цьому

ступінь зусиль при управлінні ризиками порівнюється з критичністю ризику. Так, якщо встановлені такі рівні ризику – незначний, помірний, критичний та неприйнятний, то наприклад, для помірного ризику такими управляючими впливами можуть бути: прийняття ризику, оцінка доцільності розробки управляючих впливів, у разі розробки управляючих впливів, ризик повинен бути відображений в процесі.

Якщо на етапі вироблення управляючих впливів були виявлені раніше невраховані небезпеки, то необхідно повернутися до стадії ідентифікації небезпек.

Після того, як сформульовані всі плановані дії, що управляють, дана інформація заноситься в зведену табл. 1.

На четвертому етапі проводиться впровадження стратегії боротьби з ризиками за допомогою реалізації розроблених управляючих впливів.

На п'ятому етапі відбувається моніторинг та критичне аналізування результатів, термінів і витрат на реалізацію запланованих заходів. Якщо вжиті заходи є нерезультативними, необхідно дослідити причини даної нерезультативності і вжити відповідних заходів для усунення даних причин, а також розробити новий план управляючих впливів.

Представлена методика управління ризиками дозволяє забезпечити гнучке управління внутрішніми і зовнішніми ризиками процесів, властивим сучасним умовам функціонування підприємств машинобудівної галузі. Дана методика узгоджена з процесною структурою організації, з функціонуючими підсистемами моніторингу процесів, що забезпечує стабільність і стійкість розвитку підприємства і дозволяє перейти до інтегрованого управління ризиками процесів спільно з функціонуванням системи моніторингу процесів систем менеджменту підприємства.

Таблиця 1

Зведена таблиця FMEA-аналізу для процесу управління ризиками на підприємстві машинобудівної галузі

Вид потенційного ризику	Наслідки потенційного ризику	S	Потенційна Причина або механізм	O	Існуючі Заходи контролю	D	RPN	Рекомендовані дії щодо управління ризиками	Результати аналізу	
									Виконані дії щодо управління ризиками	RPN

Література

1. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013 Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику.
2. ДСТУ ISO 31000:2014. Менеджмент ризику. Принципи та керівні вказівки.
3. ГОСТ Р 51901.1-2002 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем.
4. Коваленко, А.В. Управление рисками фармацевтического предприятия: Автореф. дис...канд. экон. наук. – М.: Всерос. акад. внешней торговли, 2009. – 25 с.
5. Руководство по риск-менеджменту / Д.А. Марцинковский, А.В. Владимирцев, О.В. Марцинковский. – СПб.: Береста, 2007. – 331 с.
6. Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) (Аналіз видів та наслідків відмов). – DaimlerChrysler Corporation: Ford Motor Company: General Motors Corporation, 2001. – 78 p.

ТРАЕКТОРИЯ «СТРЕЛЫ»

Клеванец Ю.В.

Продолжение

3. Выйти из тени.

Продолжим наш рассказ. Группе конструкторов А. С. Москалёва параллельно своим собственным разработкам приходилось подключаться к выполнению разовых срочных работ на Воронежском заводе. Так, сам конструктор вспоминает переоборудование одного из серийных ТБ-3 в транспортный самолёт для перевозки серы с месторождений в Средней Азии в Европейскую часть страны (сера нужна, к примеру, для производства резины). Переоборудованный бомбардировщик сразу же был принят в эксплуатацию и использовался как грузовой самолёт в течение нескольких лет, пока не выработал ресурс.

А потом на заводе начался ещё один аврал – внедрение в производство шестимоторного самолёта КБ Туполева ТБ-4 (АНТ-16). На момент окончания испытаний и принятия решения о серийном производстве были только опытные экземпляры этого бомбовоза, построенные по эскизам разработчиков в Москве на собственном заводе при КБ. Не было ни рабочих чертежей, ни технологии, ни оснастки. Соответственно, весь инженерно-технический состав Воронежского завода, равно как и группа Москалёва, трудились над технической документацией для производства и день, и ночь.

Ещё одна подобная, но более сложная работа – оснащение самолёта АНТ-25 дизельным двигателем конструкции А. Д. Чаромского. Алексей Дмитриевич Чаромский, один из выдающихся советских конструкторов, создал свой двигатель, взяв за основу бензино-

вый мотор М-34, который, в свою очередь, был развитием закупленного по лицензии немецкого БМВ-V1. А на базе дизелей Чаромского, от АД-1 до АЧ-40, выпускались авиационные, танковые (знаменитый В-2 для Т-34), судовые моторы (например, для быстроходных «Ракет»).

Двигатели Чаромского работают и сейчас, в XXI веке.

Вернёмся в Воронеж. Коллектив А. С. Москалёва опять трудился без сна и отдыха. Руководитель работ слёг в больницу, но через месяц самолёт АНТ-25 с дизелем был уже на аэродроме. Для участия в испытаниях прибыли В. М. Мясищев от разработчиков самолёта и А. Д. Чаромский. Представитель туполевской «фирмы», поудивлявшись скорости выполнения работ, проверил все расчёты, чертежи, исполнение их в металле и отбыл в Москву, сказав, что замечаний нет, и

ему здесь делать уже нечего. Между прочим, по расчётам перегоночная дальность самолёта с дизелем возрастала до фантастических 25 тысяч километров.

Заметим: АНТ-25, известный многим «самолёт Чкалова», изначально проектировался как дальний разведчик и бомбардировщик, способный нанести удар по объектам, находящимся на расстоянии в 2000 км и более. Бомбовая нагрузка была небольшой, невысокими были также скорость и потолок, поскольку самолёт по своей схеме представлял собой большой мотопланер.

На опытном заводе при КБ Туполева, начиная с 1934 года, было построено несколько таких машин, почти два года шли



Молодой инженер Александр Москалёв

доработки и улучшения конструкции (гладкая обшивка, новый двигатель с редуктором, винт изменяемого шага), на двух АНТ-25 были совершены в 1937 году рекордные перелёты в Америку.

Но тут мы подходим к одной особенности советской промышленности: одно дело – опытное производство, а другое – серийное. Выпуск серийных машин предполагалось наладить всё в том же Воронеже. Однако время шло, а работа не шла. Для облегчения конструкции на АНТ-25 были применены крыльевые баки. То есть бензин заливался просто вовнутрь крыла, в специальные отсеки. Рабочие опытного завода при КБ без лишних хлопот сделали вполне герметичные ёмкости, которые, в частности, выдержали испытания рекордных перелётов. А крыльевые баки машин, изготовленных в Воронеже, рано или поздно подтекали. Военпред останавливал работу, завод сотрясали скандалы.

А в это время в большом авиационном мире произошло некое поворотное событие: в декабре 1935 года француз Райльф Дельмонт на самолёте фирмы «Кодрон» Ц-460 с небольшим крылом, двигателем мощностью всего в 370 л.с. и убирающимся шасси преодолел психологический барьер, достигнув скорости свыше 500 км/ч. Все авиационные головы и носы сразу же повернулись к скоростным монопланам с увеличенной нагрузкой на крыло. Самолёты, казавшиеся верхом технической мысли в начале 1930-х годов, в том числе и большие бомбовозы и разведчики Туполева и АНТ-16, и АНТ-25, чей серийный выпуск так и не развернулся, и выпускавшийся серийно ТБ-3 стали постепенно, но безнадёжно устаревать.

Первоначальные испытания АНТ-25 с дизелем прошли успешно. Но полёты на дальность так и не были проведены. После словесных похвал на приёме у Сталина А. Д. Чаромский и зам. Туполева по испытаниям, а затем и директор Воронежского авиазавода В. Н. Чернышов были арестованы, а заводской лётчик М. В. Сильвачёв, проводивший испытания, покончил с собой. Начиная 1938 год.

Работа небольшого КБ при техникуме продолжалась. Москалёв тоже обратил внимание на концепцию скоростного моноплана. При этом было ре-

шено максимально использовать наработки по успешному САМ-5. Так, от прежней машины было взято крыло, но с ещё более тонким профилем (12 %). Силовые элементы крыла были пересчитаны под новую массу, разработаны узлы навески убирающегося шасси и новые элементы крепления крыла к фюзеляжу. Внутри крыла сохранялись расчалки для восприятия крутильных нагрузок. Шасси должно было убираться «под брюхо».

В качестве двигателя новой машины был выбран рядный шестицилиндровый мотор воздушного охлаждения ММ-1 мощностью 220 л.с. конструктора А. А. Бессонова. Подобно прочим советским двигателям ММ-1 имел относительно небольшие обороты и был нетребователен к качеству топлива. При этом конструктору удалось сделать свой мотор достаточно лёгким. Однако ММ-1 имел изъян: биографию самого разработчика пачкала судимость по делу «Промпартии».

В то же время целая группа руководящих товарищей настойчиво предлагала закупить во Франции лицензию на производство четырёх- и шестицилиндровых рядных двигателей «Бенгали» фирмы «Рено». В мемуарах Москалёва при этом часто упоминается фамилия конструктора Яковлева. Воронежскому инженеру пришлось приводить немало доказательств обоснованности своего выбора. «Пусть «Бенгали» – хороший мотор, – говорил он, – однако же пока не освоен промышленностью. А поэтому, чтобы не терять время, я выбрал ММ-1».

Фюзеляж новой машины представлял собой сварную ферму из стальных трубок. Обшивка, как и на САМ-5бис, была фанерная и полотняная. Кабина рассчитывалась на одного пилота и на четырёх (или даже пять) пассажиров. Дверей в кабину не было, пилот и пассажиры попадали в неё только через откидывающийся прозрачный верх, что, конечно, неудобно.

Однако новая машина, названная САМ-10, отличалась отличным аэродинамическим качеством – 15,5 при скорости более 250 км/ч.

Новая машина испытывалась в июле – августе 1938 года в НИИ ГВФ лётчиками А. Н. Гусаровым и

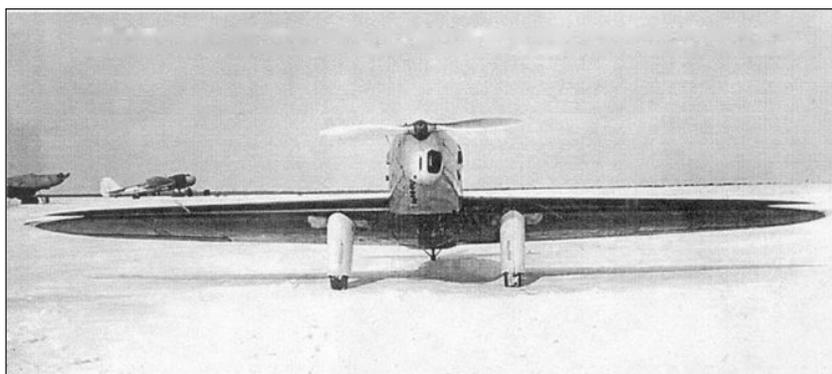


Лётчик-испытатель Н. А. Гусаров

Б. К. Кондратьевым. В отчёте испытатели прямо заявили, что САМ-10 с мотором ММ-1 является лучшим самолётом в своём классе, вполне пригодён для эксплуатации в ГВФ, а при небольших доработках и как самолёт спецназначения (то есть военный). Также на этой машине могут проводиться и рекордные перелёты. Была достигнута максимальная скорость 348 км/ч на высоте 2000 метров. Дальность 1000 километров. Посадочная скорость 84 км/ч. Длина разбега и пробега 350 метров. Сам Москалёв пишет, что замеры скорости проводились несколько раз потому, что инженеры по испытаниям сразу просто не поверили полученным данным. Самолёт действительно был выдающимся, об этом пишет и В. Б. Шавров. Сам конструктор сразу же предложил санитарный вариант своей машины, оснащённый шасси с носовым колесом и откидывающейся хвостовой частью фюзеляжа на петлях (новость для СССР).

САМ-10 с мотором Бессонова мог везти 5–6 человек, то есть пилота и четыре–пять пассажиров со скоростью около 300 км/ч в течение трёх часов, при этом расходовалось 19 литров бензина с октановым числом 62 на каждые 100 км. И по сей день результат весьма и весьма впечатляющий.

Но поскольку моторов ММ-1 было всего две или три штуки, пришлось переделать машину под лицензионные «Бенгали», в СССР их обозначали как МВ-6. С этими двигателями САМ-10 летал



Самолёт САМ-10, вид спереди

хуже, однако скорость всё равно была чуть выше 300 км/ч. Дело в том, что высокооборотистый «Бенгали» был хорош с французским же винтом изменяемого шага и электроприводом, лицензию на винт купить забыли или постеснялись. Потом оказалось, что кроме того, МВ-6 плохо заводятся в морозы. Производство МВ-6 просто прекратили, поскольку уже наступил грозовой 1939 год, руководство СССР требовало срочно заниматься военной авиацией.

Раз винтов изменяемого шага под моторы МВ-4 и МВ-6 не производилось, а самолёты, построенные под эти двигатели нужно было как-то испытывать и сдавать заказчику и, кроме того, чтобы не раздражать высокое начальство, был найден паллиативный выход: у французских фирмачей купили несколько готовых винтов и затем по мере надобности переставляли их с самолёта на самолёт.

В том же 1938 году в КБ Москалёва (ему присвоили шифр КБ-31) начались работы по учебному самолёту-амфибии для нужд флота. Машину предполагалось делать цельнодеревянной с максимальным использованием узлов и агрегатов с САМ-5бис и САМ-10. «Сухопутное» колёсное шасси убиралось в крыло. Само крыло от САМ-10, с новыми нишами под шасси, с поплавками и новыми узлами крепления. Хвостовое оперение взято от САМ-5бис. Мотор ММ-1 конструкции Бессонова крепился над крылом на большом пило-не. Амфибия имела две кабины: перед крылом для двух лётчиков (инструктора и ученика) и позади крыла для воздушного стрелка или для перевозки грузов. Фюзеляжем был корпус лодки. Днищу лодки придали сложную



Амфибия САМ-11

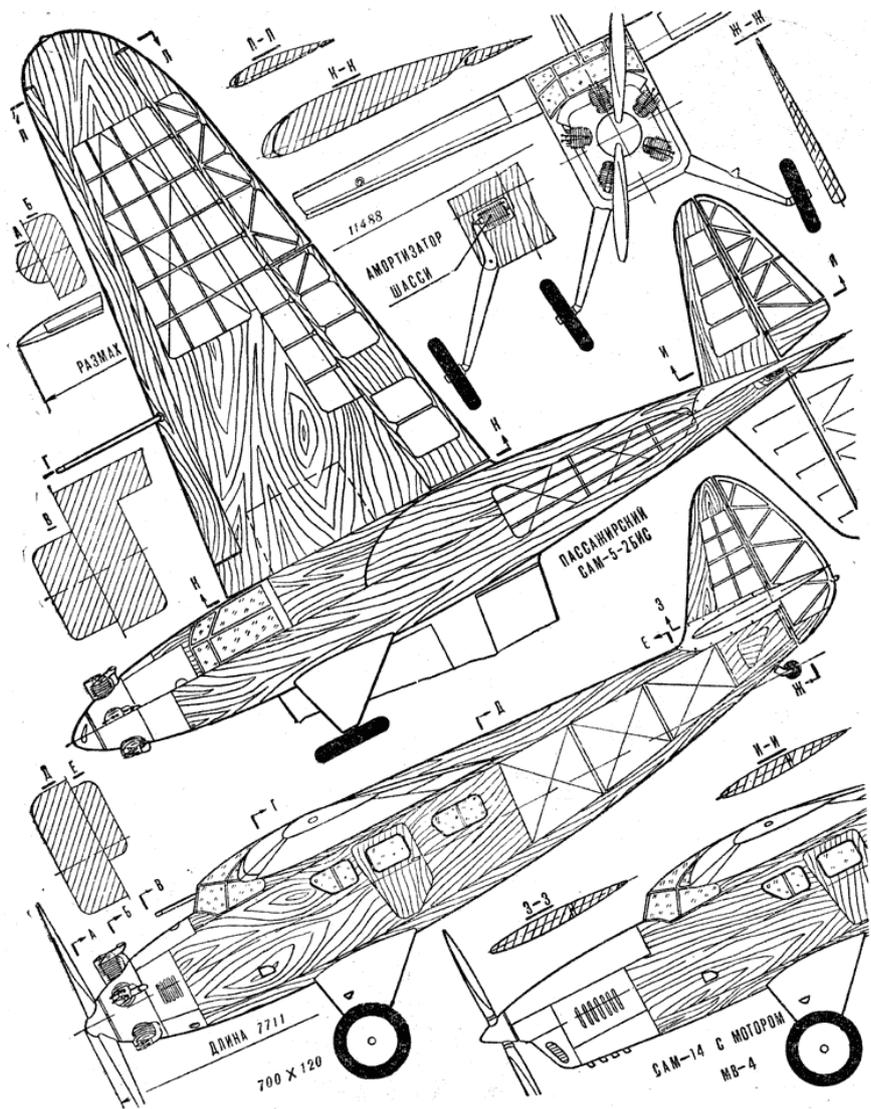
форму с двумя реданами. Параметры днища подбирались специально в гидротехнической лаборатории ЦАГИ. Самолёту присвоили индекс САМ-11.

Авиационные острошловы тут же окрестили сотрудников КБ Москалёва «сухопутными моряками».

Весной – летом 1939 года проводились испытания амфибии. Первым поднял новую машину в воздух (пока с аэродрома) воронежский заводской лётчик-испытатель А. Н. Гусаров. В своих мемуарах А. С. Москалёв вспоминает, что на САМ-11 он со своими конструкторами впервые столкнулся с явлением бафтинга (резонансными колебаниями) оперения из-за вихрей, сходящих с сочленения подмоторного пилона и крыла. Тряска оперения была побеждена установкой специальных щитков на пилон.

Испытания на воде проводились на Погонном озере недалеко от Воронежа. Для этого был вызван морской лётчик П. Я. Яковлев.

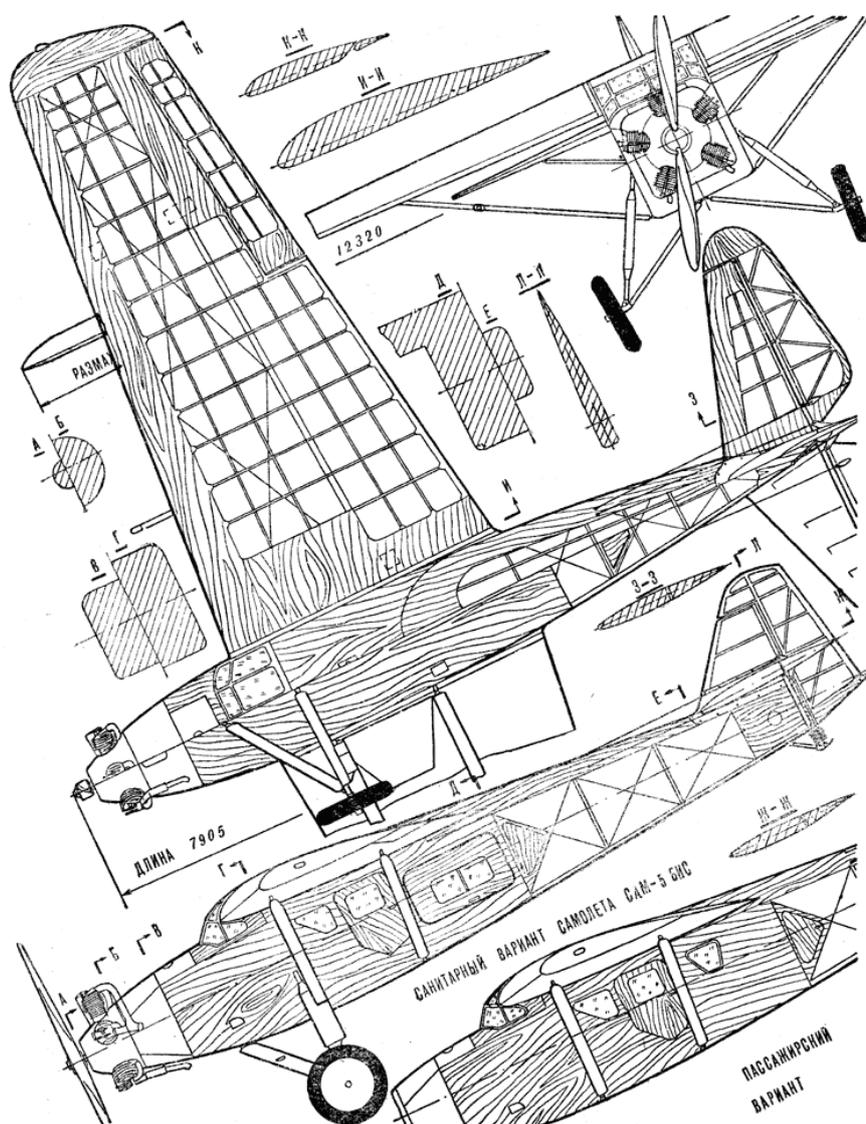
Государственные испытания самолёт проходил уже в Севастополе. Машину пришлось на месте несколько доработать – установить специальные накладки на скулы днища, чтобы уменьшить брызгообразование. Также уменьшили толщину пилона под двигатель. САМ-11 испытывался с мотором Бессонова, с лицензионным мотором МВ-6 и советским винтом, с МВ-6 и французским винтом. Как и в случае с САМ-10, лучшие результаты показал первый вариант. Скорость доходила до 278 км/ч, посадочная скорость 78 км/ч, потолок 6900 метров, дальность полёта 850 км. Во втором варианте скорость уменьшилась до 240 км/ч, потолок до 5600 м. С французскими мотором и винтом лётно-технические характеристики снова возрастали, однако до показателей самолёта с двигателем Бессонова чуть-чуть не дотягивали.



Схематический чертёж самолётов типа САМ-5 из журнала «моделист-Конструктор» №6/1969

Судьба САМ-11 аналогична самолёту САМ-10, то есть машина была признана хорошей и перспективной, но в серийное производство не пошла из-за фактического отсутствия соответствующего двигателя.

Ещё одна разработка воронежцев – учебно-тренировочный истребитель. Сама идея такого самолёта американская. США между мировыми войнами во всеуслышание провозгласили нейтралитет и демонстративно не ввязывались в военные конфликты 20–30-х годов. Боевая авиация Соединённых Штатов, соответственно, занимала по численности 5–6 место после ведущих европейских стран, СССР и Японии. Однако в Америке выпускалось много учебно-трениро-



Схематический чертёж самолётов типа САМ-5 из журнала «моделист-Конструктор» №6/1969

вочных машин, которые были гораздо дешевле, но их динамика в полёте соответствовала военным самолётам определённых марок. Таким образом, в Америке удавалось и демонстрировать миролюбие, и иметь штат опытных экипажей военной авиации. К моменту вступления США в очередную мировую войну средний налёт американских военных лётчиков составлял 400 часов, что в разы превышало аналогичный показатель для советской авиации.

В СССР, конечно, были осведомлены об американском подходе к подготовке пилотов. Разные КБ предлагали военным заказчикам свои варианты учебно-тренировочных истребителей и бомбардировщиков. Среди них было немало

очень интересных проектов. Однако серийные заводы, работая в очень напряжённом режиме, не всегда справлялись даже и с насыщением строевых полков положенными им по штату самолётами. Поэтому в СССР перед войной серийно выпускались только учебно-тренировочные самолёты конструкции КБ Яковлева, динамически подобные истребителю И-16. Но здесь уже сработал «административный ресурс».

Учебно-тренировочный истребитель САМ-12 КБ Москалёва был готов к испытаниям летом 1939 года. Он был динамически подобен тем Якам и ЛаГГам, которые в 1939 году ещё только разрабатывались. Скорость доходила до 400 км/ч. Однако и эта машина строилась всё под тот же двигатель в 220 л. с. и, как и все другие самолёты с такими моторами, в серию так и не пошла.

В том же 1939 году был построен самолёт САМ-14, то есть всё тот же САМ-5бис, но с двигателем МВ-4 (четырёхцилиндровый, рядный, по французской лицензии). Самолёт имел взлётно-посадочную механизацию крыла и, как с удовольствием от-

мечает конструктор в мемуарах, с французским винтом показал лётно-технические данные лучшие, чем у немецкого «Шторьха» с более мощным мотором. Однако «Шторьх» выпускался серийно и широко эксплуатировался как в войсках, так и в гражданском варианте, а САМ-14 в серию не пошёл, не смотря на многообещающие показатели. Опытный экземпляр самолёта интенсивно эксплуатировался до 1943 года.

Ещё в 1939 году КБ Москалёва занималось изготовлением туполевского бомбардировщика СБ, но в деревянном варианте. В воспоминаниях конструктор пишет: по-видимому, руководство страны (читай: И. В. Сталин) просчитывало варианты на случай разрушения советских алюминиевых

заводов немецкой авиацией. Вполне возможно, но вот что странно – в то же самое время было принято решение о строительстве авиационного завода в Минске. И здесь, конечно, без Сталина не обошлось. То есть, с одной стороны допускали бомбардировку заводов, расположенных в центре Европейской России, довольно далеко от границы, а с другой – хотели развернуть авиационное производство прямо в радиусе действия даже и фронтовой авиации Германии.

После войны на площадке авиазавода в Минске вырос МТЗ.

И, наконец, последний проект 1939 года А. С. Москалёва – двухмоторная лодка, корабельный разведчик-корректировщик САМ-16. Проектировался под рядные моторы воздушного охлаждения МГ-31Ф в 330 л.с. Моторы располагались на крыле.

Крыло типа «чайка», с двумя неубираемыми поплавками. Корпус лодки подобен САМ-11, двухреданный. Судя по описанию в мемуарах, эта машина вполне могла бы конкурировать со знаменитыми летающими лодками русского американца Сикорского. Однако проект оказался сложноватым для небольшого производства, постройка была начата уже в 1941 году, и к моменту начала войны не закончена.

Был и ещё один самолёт, САМ-13, спроектированный и построенный на основе всё тех же рядных моторов МВ-6 в 220 л.с., но, поскольку он был задуман уже как полноценная боевая машина, рассказ о нём отнесём в следующую главу.

В том же 1939 году в Воронежском авиационном техникуме был построен сборочный цех. Мастерские техникума приобретали вид настоящего производства. Заканчивалось строительство ещё одного корпуса на аэродроме.

Тогда же А. С. Москалёву присвоили звание доцента Воронежского университета. С 1936 года герой нашего рассказа не только вёл конструкторскую работу, руководил производством и учебным процессом в техникуме, участвовал в испытаниях самолётов, но и читал лекции как в техникуме, так и в университете.

А ещё в 1939 году, как пишет Москалёв в мемуарах, наконец-то было принято его заявление в партию.

4. Заглянуть за горизонт

Этот раздел следует начать с нескольких общих слов. По сути, вся история авиации есть история борьбы за скорость. Для того, чтобы обойти конкурентов, конструкторы сперва уменьшали количество расчалок на своих аппаратах – «птеродактилях», потом пришло время использования всё более закрытых фюзеляжей, потом появились капоты для радиаторов и моторов, обтекателей для колёс. От бипланов перешли к монопланам, стали применять убирающиеся шасси, уменьшать площадь крыла... Получили скорость и 500 км/ч, и 600 км/ч.

Но что дальше? Над этим вопросом стали задумываться в начале 30-х годов. Взялись читать труды калужского отшельника Циолковского. «За авиацией винтовой придёт авиация реактивная». Прекрасно. Но как она, эта реактивная авиация, будет выглядеть?

Слагаемое первое. Ещё до Первой мировой войны в разных странах были попытки постройки самолётов по схеме «летающее крыло». О достижении высоких скоростей тогда ещё никто не думал, просто некоторым оригиналам хотелось сделать свой самолёт полегче. Как его сделать легче? А удалить фюзеляж с оперением, оставить одно крыло. Тут же возникло препятствие: летающие крылья плохо управляются из-за того, что момент инерции в плоскости крена намного больше, чем в плоскости тангажа (движение вверх-вниз). Соответственно, неприемлемо сильно разнились и управляющие усилия на ручке. Человек с трудом к этому приспосабливается.

Тогда начали отгибать назад консоли крыльев для того, чтобы создать побольше плечо силы при движении вверх-вниз и тем самым как-то уравнивать управляющие усилия на ручке.

Цель уравнивания усилий достигалась, прямо скажем, не всегда, но зато на самолётах с отогнутыми назад, то есть со стреловидными консолями был достигнут небольшой прирост скорости.

Когда подобных фактов набралось достаточно для того, чтобы прирост скорости для летательных аппаратов со стреловидными крыльями можно было уже назвать тенденцией, за дело взялись учёные-аэродинамики. Это произошло где-то на рубеже 20–30 годов.