

ИНЖЕНЕР- МЕХАНИК

№ 4 (77)
октябрь – декабрь
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 Жодин-
ская, 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 22.12.2017.

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

Индустрия 4.0: от информационно-комму-
никационных к аддитивным и нанотехно-
логиям.....2

Приёмистость устройств пульсирующего
горения.....5

Фазовое регулирование насосных устано-
вок машин инженерного вооружения.....10

Методика определения параметров тормоз-
ного посадочного комплекса.....18

К вопросу распределения небаланса при-
родного газа в системе поставщик – потре-
битель21

Материалы конференции

XI научно-практическая конференция «Ин-
новации. Образование. Энергоэффектив-
ность».....23

Патентуем сами

Электротранспорт.....43

Предотвращение аварий на ЛЭП с помощью
запатентованных устройств.....45

ИНДУСТРИЯ 4.0: ОТ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ К АДДИТИВНЫМ И НАНОТЕХНОЛОГИЯМ

С. А. Чижик, П.А. Витязь, М. Л. Хейфец

Окончание. Начало в №3, 2017, с.2-11.

Графический материал, на который ссылаются авторы в №3, 2017, с.2-11.

Повышению эффективности производственной деятельности служит создание комплексов технологических, транспортных, энергетических и информационных машин на основе новых технологий и повышения производительности уже используемых. Технологические комплексы в своем развитии прошли ряд этапов (рис.1).

Началом первого этапа можно обозначить автоматизацию 1970-х годов на основе числового программного управления. По сравнению с универсальным станочным оборудованием современное компьютерно-управляемое производство использует компоненты искусственного интеллекта и позволяет повысить эффективность оборудования в десятки раз при обеспечении все более возрастающих требований к качеству продукции.

С середины 1980-х годов наметился переход от обрабатывающих центров к гибким производственным системам с элементами интеллектуального производства. Развитие средств микроэлектроники явилось базой для создания мехатронных систем, которые включают как электромеханическую часть, так и электронно-управляющую (построенную на основе использования компьютеров или микропроцессоров). Мехатронные системы обеспечивают синергетическое объединение узлов точной механики с электротехническими, электронными и компьютерными компонентами с целью проектирования и производства качественно новых установок, модулей, систем и комплексов машин с интеллектуальным управлением их функциями.

Новые этапы развития гибкой автоматизации производственных систем связаны прежде всего с предельной концентрацией средств производства

и управления, а также с сокращением сроков конструирования, проектирования, технологической подготовки и изготовления изделий. В результате мехатронные технологические комплексы объединяются в компактное интеллектуальное производство (CIM – Compact Intelligent Manufacture), базирующееся на сочетании интенсивных, в том числе и аддитивных технологий, прогрессивного технологического оборудования и интегрированной системы управления.

Современный уровень развития информационных технологий в промышленности обеспечивает переход к использованию технологий создания, поддержки и применения единого информационного пространства во времени на всех этапах жизненного цикла продукции: от ее проектирования до эксплуатации и утилизации, то есть к CALS-технологиям (Continuous Acquisition and Life-cycle Support).

Единое информационное пространство позволяет интегрироваться разрозненным комплексам компактного производства в виртуальное предприятие, создаваемое из различных пространственно удаленных подразделений, которые обладают единой информационной ERP-системой (Enterprise Resource Planning) для использования компьютерной поддержки этапов жизненного цикла продукции.

Проведенный анализ возрастающей эффективности технологических комплексов показал, что после этапов пространственно-временной интеграции производственных процессов и жизненного цикла изделий последуют этапы, обеспечивающие компактность производства на основе технологий аддитивного производства (AM

– Additive Manufacturing). Аддитивные технологии синтеза композиционного материала и формообразования изделия обеспечивают высокую эффективность за счет сокращения длительности и количества производственно-технологических этапов жизненного цикла изделий.

Для производства и адресной поставки кастомизированного изделия, с учетом внешней и внутренней логистики предприятия (в том числе и виртуального), можно дополнить проходящие этапы прогнозом на будущее, которое часто связывается с новой парадигмой интеллектуального производства, называемой «Индустрия 4.0». Данный термин предложен немецкими компаниями на Ганноверской выставке технологий в 2011 г. для обозначения начала «эпохи четвертой индустриальной революции», связанной с промышленным интернетом вещей (IIoT – Industrial Internet of Things).

В настоящее время зарождается новая эпоха производства – массовая кастомизация, характеризующаяся тем, что потребитель выступает в качестве дизайнера и инженера. Теперь по запросам потребителя можно непосредственно контролировать и управлять, а также изменять производственный процесс. В результате при системном анализе роста эффективности технологических комплексов необходимо рассчитывать не только удельную технологическую трудоемкость (себестоимость), приходящуюся на одно изделие, но и затраты по всему жизненному циклу изделия, особенно связанные с его кастомизированным маркетингом, проектированием, эксплуатацией, утилизацией и сокращением всевозможных логистических поставок.

В основе зарождающихся этапов новой эпохи лежит массовая компьютеризация и глобализация Интернета, предсказанная еще в 1980-х годах Р. Курцвейлом. Дальнейшее развитие производства аналитики связывают с машинным обучением (ML – Machine Learning) и искусственным интеллектом (AI – Artificial Intelligence). Сочетание робототехники и 3D-печати на основе машинного обучения с интернетом вещей в глобальной сети и искусственным интеллектом уже сегодня позволяют создавать полностью автоматизированные фабрики.

Совместное действие различных «цифровых технологий» за счет синергетических эффектов позволяет резко повысить эффективность производства, дает возможность полностью реструктурировать предприятия и создавать на них продукцию, которой до этого не было.

Современные аддитивные технологии реализуют провозглашенную в 1959 г. Р. Фейнманом новую парадигму производства «снизу-вверх» взамен или в дополнение развивающейся веками парадигме «сверху-вниз» (рис.2).

Сущность аддитивного производства заключается в послойном синтезе или «выращивании» изделий по «цифровым моделям» без использования формообразующей оснастки. Создание формы изделия происходит путем добавления материала, в отличие от традиционных технологий, основанных на удалении «лишнего» материала.

Передовые технологии, помимо используемых новых аппаратных и программных средств, оборудования и оснащения, основываются на послойном выращивании поверхностей изделий и самоорганизации структур композиционного материала. Так, определяя фундамент наукоемких нанотехнологий, Ж.И. Алферов выделяет кроме зондовой микроскопии эпитаксиальный рост пленок на поверхности и процессы самосборки гетероструктур материала (рис.3).

Процессы сборки изделий и самосборки структур материала реализуются на разных структурных уровнях: от атомарной сборки макромолекул и наноструктур, до послойного синтеза крупных сооружений (рис.4).

Аддитивные технологии обеспечивают новые возможности дизайнеру. Создавая легкие ажурные каркасы и несущие конструкции, можно усиливать только опорные и контактные поверхности. На поверхностях в свою очередь послойно формировать функциональные покрытия (рис.5).

Различают две основные группы аддитивных методов. Методы «предварительного формирования слоя» материала по технологиям BD (Bed Deposition), подразумевающим наличие определенной платформы, на которой послойно «выращивается» материал и изделие (рис.6).

Методы «непосредственного осаждения слоя» материала на сложнопрофильную поверхность изделия по технологиям DD (Direct Deposition) (рис.7). Эти методы имеют традиционно глубокие корни в технологиях упрочнения и восстановления деталей машин. Использование традиционных методов упрочнения и восстановления деталей в аддитивных технологиях, требует для автоматизации производства помимо компьютерного управления потоками энергии и подачей материала, сложной кинематики оборудования с большим числом степеней подвижности и системы приводов движений.

В настоящее время методы аддитивного про-

изводства классифицируются (рис.8) следующим образом по стандарту ISO/ASTM 52900-15 (ASTM F2792-12a):

1. Vat Photopolymerization – фотополимеризация в емкости;
2. Material Jetting – разбрызгивание материала или струйные технологии;
3. Material Extrusion – выдавливание материала;
4. Powder Bed Fusion – плавление материала в заранее сформированном слое;
5. Binder Jetting – разбрызгивание связующего вещества;
6. Sheet Lamination – соединение листовых материалов;
7. Directed Energy Deposition – прямой подвод энергии непосредственно в место построения.

Классификации по принципам получения изделий без формообразующей оснастки соответствуют, согласно представленной последовательности, созданные уже более 30 лет назад «традиционные» методы (рис.9):

1. Stereolithography Application (SLA) – стереолитография;
2. Solid Ground Curing (SGC) – послойное уплотнение материала;
3. Fused Deposition Modeling (FDM) – послойное экструдирование расплава;
4. Selective Laser Sintering (SLS) – селективное лазерное спекание;
5. Direct Shell Part Creation (DSPC) – прямое создание литейных форм;
6. Laminated Object Manufacturing (LOM) – послойное ламинирование из листового материала; а также другие методы, сегодня не столь распространенные в производстве.

Широко используемые в мировом производстве и новые проектируемые технологии послойного синтеза позволили предложить классификацию (рис.10) из которой следует, что наиболее перспективно применение аддитивных технологий создания слоев и формообразования изделий, использующих различные сочетания материалов и источников энергии. Это в свою очередь ставит задачи распределения компонентов материалов и потоков энергии не только по заданному контуру или поверхности, но и по глубине от поверхности изделия, а также по характеру импульсов подачи энергии и материала.

Таким образом, при проектировании технологии аддитивного синтеза применяются как методы формообразования деталей из композиционных материалов, использующие потоки энергии и компонентов материала, так и методы автома-

тизации и управления процессами оперативного макетирования и производства как отдельных слоев, так и изделия в целом (рис.11).

В результате можно существенно расширить технологические возможности существующих аддитивных методов (рис.12) путем разделки кромок листового материала или изменением толщины слоев насыпных материалов, с изменением их свойств (состава, плотности, пористости и др.). Предложенное уже сегодня реализуется на разработанном в НАН Беларуси оборудовании.

Принципиальная схема мехатронной системы имеет два контура управления, посредством прямой связи с внешней средой и обратной связи по результатам диагностики состояния объекта управления (рис.13).

Выбор потока энергии для послойного синтеза изделия осуществляется в зависимости от свойств материалов или их композиций, геометрических характеристик поверхностей, их точности (рис.14). При этом особое внимание уделяется фокусировке или распределению потока в пространстве и во времени.

Мехатронный технологический комплекс реализует прямую связь при управлении потоком энергии или материала послойно синтезируемого изделия, а обратную связь по состоянию формируемого слоя или обрабатываемой поверхности сформированного изделия (рис.15).

Выбор источников для раскройного оборудования определяется как толщиной и материалом листовых заготовок, так и точностью обработки (рис.16).

Рассматривается граф кортежей различных видов обработки проектируемого технологического оборудования (рис.17) и анализируются налагаемые связи: механические и электрические (привода и источники), электронные и программные (средства контроля и управления) в мехатронной системе.

В результате привод источника реализован в качестве многокоординатного манипулятора, а сам комплекс и его средства оснащения представляют собой мехатронную технологическую систему (2-я стр. обложки).

Экструдерная система для полимерной печати управляет температурой процесса в зависимости от применяемого материала и его армирующих наполнителей и оформлена в закрытом корпусе с охлаждением и вытяжной (3-я стр. обложки).

Для производства и контроля изделий электроники в технологическом комплексе используется атомно-силовой микроскоп (рис.18), позволяю-

ший путем индентирования и «наносверления» контролировать микросхемы и устранять их дефекты (рис.19).

Таким образом, анализ современного состояния и перспектив развития аддитивных технологий компьютеризированного производства позволяет говорить о новой парадигме в его эволюции – «Индустрии 4.0». В результате формируется и детализируется концепция «цифровой фабрики»,

в которой аддитивные и нанотехнологии являются определяющим звеном системы, включающим развитые подсистемы: 3D-проектирования и управления производством и потреблением, начиная от моделирования изделия, его материалов и компонентов в соответствии с новыми технологическими возможностями и заканчивая получением и эксплуатацией функционально ориентированного кастомизированного изделия.

УДК 658.25

ПРИЁМИСТОСТЬ УСТРОЙСТВ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ГОРЕНИЯ

Северянин В.С.

Брестский государственный технический университет

Введение

Приёмистость – термин, применительно к техническим системам обозначающий способность быстро выполнять определенные функции после их включения с нулевого уровня. Термин используется для характеристики транспортных машин – набирать заданную скорость и характеризуется временем, в течение которого увеличивается скорость и путем, который они проходят для получения заданной скорости [1]. Чем меньше время, короче путь, – тем выше приёмистость этого средства передвижения. Этот термин употребляется не только в технических документах, но в рекламе, СМИ, торговых описаниях автомобилей разных марок.

Однако понятие «приёмистость» целесообразно применять и для энергетических систем и аппаратов, которые предназначены удовлетворять потребности энергопотребителей в теплоте или электричестве заданных параметров и количестве. Если включение идет по разработанному по разным условиям графику, этот параметр энергосистемы или аппарата не столь актуален, но когда недопустимо длительное неожиданное отключение, когда нужно срочно вводить в действие резервные мощности, когда ограничено время ремонта, когда отсутствуют энергосвязи с другими крупными энергогенераторами, когда

режим работы резко изменяющийся, – становится очень важным иметь энергоисточник, быстро подхватывающий нагрузку, быстро включаемый в работу, подающий требуемый энергопоток. Эти качества как раз определяются приёмистостью, – способностью «принимать» быстро расчетную нагрузку. Например, котлоагрегат требует при подготовленном работоспособном оборудовании для своей растопки несколько часов (в зависимости от его величины, т.е. мощности) для установления нужного температурного режима своих, конструкций, тепловой подготовки рабочего тела (воды и пара), и вынужденные или нерасчетные «недовыработки» теплоты приводят к техническим и экономическим затруднениям.

Существующие оценки приёмистости теплогенерирующих устройств

Тепловой агрегат готов нести нагрузку тогда, когда его составные части приобретают **расчетную температуру**. С целью повышения маневренности требуется уменьшать толщины всех массивных элементов конструкций, упрощать их геометрические формы, применять гибкие соединения частей, уменьшать концентрацию температурных напряжений и деформаций, экранировать ответственные элементы, использовать внешнее паровое и водяное охлаждение или нагрев.

Длительность разогрева зависит от массы и

качества применяемых не только металла, но и огнеупоров, их термостойкости в определенном диапазоне температур. Чем ниже термостойкость, крупнее установка, больше доля новой футеровки после ремонтов, тем медленнее требуется вести прогрев установки. Например, при объеме футеровки 20...50 м³ длительность разогрева 3...6 суток [2].

В процессе пуска турбоагрегатов происходят существенные изменения теплового, механического состояния массы ротора и статора. Турбина выводится на скорость вращения 3000 об/мин, параметры пара повышаются до расчетных значений. При этом изменяются осевые зазоры и уплотнения, проходит вибрационный режим вращения ротора. Неодинаковое температурное состояние верхней и нижней частей корпуса вызывает тепловой изгиб.

Пуски агрегатов из кратковременного простоя (до 10 часов) называют пусками из горячего состояния, через 3–5 суток – пусками из холодного состояния; пуски из промежуточных времен простоя – пусками из неостывшего состояния. Однако любая временная неравномерность требует стадии прогрева. Таким образом, всегда имеется определенный промежуток времени от включения теплового агрегата, постепенного нагружения, до взятия номинальной нагрузки.

Кроме подготовки требуемого теплового состояния теплогенерирующего устройства необходимо учитывать другие технологические процессы. В топливосжигающих устройствах для надежного воспламенения топлива применяются подогреватели воздуха, добавляются легко воспламеняющиеся пусковые жидкости, устанавливаются свечи накаливания, электрофакельные подогреватели. Рабочее тело (вода, пар, воздух, газы) так же должно быть подготовлено к использованию потребителем. Нельзя подавать на турбину влажный насыщенный пар, даже пуск на «скользящих параметрах» предусматривает соответствующие уровни давления и температуры. Эти и другие условия (техника безопасности, оргвопросы) должны удовлетворяться параллельно или последовательно, увеличивая время выхода на стопроцентную нагрузку.

Время, необходимое для тепловой подготовки теплогенерирующего устройства, определяется из уравнения теплового баланса:

$$\tau = \frac{M [\Delta i - (Q' - Q'')]}{Q},$$

здесь M – общая масса нагреваемых частей, Δi –

приращение энтальпии ее, Q' – тепловые эффекты экзотермических реакций (например, конденсация пара из продуктов сгорания), Q'' – то же эндотермических (например, разложение CO_2), Q – подведенная внешняя теплота, определяемая теплопередачей по условию $Q = K \cdot F \cdot \delta T = B \cdot Q_H^p \cdot \eta$, K – коэффициент теплопередачи, F – поверхность теплообмена, δT – температурный напор, B – расход топлива, Q_H^p – его теплота сгорания, η – тепло-вой КПД установки.

Время тепловой подготовки, т.е. общая производительность устройства и некоторые другие параметры, зависят от **интенсивности подведенного теплового потока** за пусковой период. Для данной конструкции расход топлива (количество в единицу времени), уменьшая время, требует высококачественного топочного процесса с высоким КПД (η). Последнее обусловлено физико-химическими, газодинамическими, эксплуатационными характеристиками огневой части устройства. Интенсификация теплообмена на поверхностях нагрева так же снижает τ , подготавливая рабочее тело к стационарной работе.

Коэффициент приёмистости энергогенерирующего устройства

Вышеперечисленные факторы не дают однозначной характеристики устройств принимать меняющуюся нагрузку, так как многообразие трудно учитываемых количественно условий не позволяет выстроить ряд конструкций по важному эксплуатационному признаку. Если автомобилю можно выбирать по времени и расстоянию набора заданной скорости (и других показателей не требуется), то энергоагрегаты, обеспечивая различных потребителей в разных условиях при повышенной ответственности за энергоснабжение, должны иметь характеристики по надежности соблюдения графика нагрузок. Имея в виду трудности учета всех влияющих факторов и закономерностей, желательно выработать некий обобщенный показатель. При этом анализ целесообразно обосновывать на технико-экономической базе, т.е. знать потери топлива, энергии, финансов из-за непроизводительной вынужденной работы агрегатов, сниженных КПД, увеличенных выбросов низкопотенциальной теплоты и т.д.

Если определить количество энергии, которое мог бы выдать агрегат за время подготовки его к номинальной работе как $N_H \cdot \tau$ (N_H – «марочная», т.е. номинальная расчетная мощность, τ – время «разогрева»), а количество затраченной на это энергии как \mathcal{E} (непроизводительный расход топлива, электроэнергия на привод механиз-

мов, выбросы и потери энергии), то потребителю пошло бы $(N_H \cdot \tau - \mathcal{E})$ количество энергии. Соотнеся это количество с упомянутым возможным $N_H \cdot \tau$, получим показатель энергетической эффективности работы агрегата с точки зрения «приема» им рабочей нагрузки:

$$K = \frac{N_H \tau - \mathcal{E}}{N_H \tau} = 1 - \frac{\mathcal{E}}{N_H \tau}. \quad (2)$$

При $\mathcal{E} > N_H \cdot \tau$ агрегат превращается в энергопотребителя, поэтому $0 < K < 1$. При малом τ : $K \rightarrow 1$. Очевидно, физическое понимание K : чем быстрее вводится в работу агрегат, чем меньше для этого нужно затратить энергии, тем выше энергетическая эффективность агрегата при запуске. Интересно влияние \mathcal{E} : оно пропорционально τ , поэтому $\mathcal{E}/\tau = A$ – некоторый постоянный коэффициент, и K тогда в основном зависит от мощности агрегата, его теплотехнических особенностей. Значит, для мощных агрегатов особо требуется снижать пусковые энергозатраты.

Выражение (2) не дает важный эксплуатационный показатель по скорости набора нагрузки агрегатом, которая в конечном счете определяет приёмистость. Поэтому обобщенно можно принять, согласно рис. 1, **скорость набора** на участке $a-b$ вывода на режим:

$$tg\alpha = \frac{dN}{d\tau} = R. \quad (3)$$

При линейной зависимости $a-b$ можно принять: $tg\alpha = N_H/\tau$, т.е. $R = N_H/\tau$, или, используя (1), дающее $\tau = M\Delta i / (B Q_H^p \eta)$, получим: $R = N_H B Q_H^p \cdot \frac{\eta}{M\Delta i}$

Для данного агрегата и топлива и $(Q_H^p) / \Delta i \approx const$
 $const = C$, и

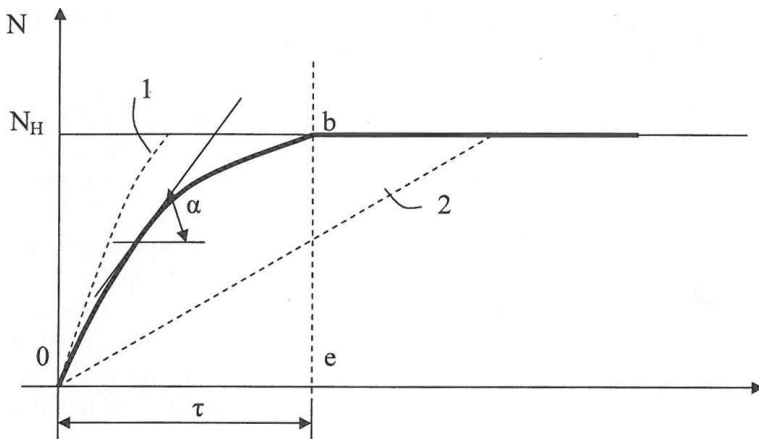


Рис. 1. Пусковая мощность агрегата во времени τ

$$R = tg\alpha = \frac{N_H}{\tau} = N_H \frac{B}{M} C \eta \text{ (Вт/час)} \quad (4)$$

(здесь τ определено по графику рис. 1).

Выражение R по вышеприведенным условиям тепловой подготовки агрегата является **коэффициентом приёмистости**, он идентичен параметру «скорость подъема нагрузки» (размерность – приращение выдаваемой энергии за единицу времени). Другие (не тепловые) параметры можно учитывать аналогично.

R должен входить в паспортные характеристики агрегата. Интересно, что количественно коэффициент приёмистости можно выразить в α – **геометрических градусах** (см. вывод $tg\alpha$), построенных в координатах мощность – время (КВт – часы) (рис. 1) одинакового масштаба. Это удобное отображение физики приёмистости, как важная характеристика энергоагрегата, особенно в качестве табличных данных.

Тогда $\alpha = arctgR$, $0 < \alpha < 90^\circ$.

На рис. 1 линия 1 – высокая приёмистость, линия 2 – низкая. Зная величину R как показатель приёмистости, или коэффициент приёмистости, определяется время переходного периода, т.е. время запуска:

$$\tau = \frac{N_H}{R} \quad (5)$$

В приведенных выражениях B – расход – топлива (а не общее количество), кг/час – т.е. интенсивность подвода энергии.

При линейном росте нагрузки $o-b$ (близко к реальным данным) по рис. 1 видно, что $N_H \cdot \tau = 2\mathcal{E}$ (прямоугольник $N_H \cdot \mathcal{E}$ составлен из двух треугольников $o-b-e$), т.е. в этом случае пусковое количество энергии равно половине энергии, которая могла бы быть выработана агрегатом за время пуска. При меняющемся α (нелинейность выпуклостью влево) \mathcal{E} уменьшается. По этой причине, в частности, в энергетике, применяются пуски на «скользящих параметрах».

Для увеличения R надо увеличить B – но этот рост ограничен способностью агрегата сжигать топливо надежно, экономично, безопасно.

Уменьшение M обусловлено теплонапряженностью процессов горения и теплообмена в агрегате (получить эффект в меньших габаритных размерах). В агрегатах малой мощности (т.е. с малым M) R высокий (малые котлы легче вывести на режим). Но энер-

гетика основана на теплогенераторах больших мощностей, значит для них нужны специальные мероприятия для повышения приёмистости.

Агрегаты с пульсирующим горением

Устройства пульсирующего горения совместно с обслуживающими, тепловоспринимающими, теплопередающими механизмами и приспособлениями образуют теплогенераторы. Основа их – камера пульсирующего горения – КПП различного вида и типа [3]. КПП генерируют пульсационный режим горения, движения газов, теплоотдачи. Этот режим обуславливает работу составляющих систему. Скорость горения (убыль горючего в единицу времени при полном сгорании) на порядок выше, чем при обычном горении, т.е. величина B значительна. Высокое теплонепряжение топочного объема означает снижение габаритов, т.е. M значительно ниже обычных топков. Пульсирующий газовый поток резко интенсифицирует теплообмен, поэтому поверхность теплообмена в теплоутилизирующих элементах, следовательно, и масса M снижаются. Все это позволяет повысить КПД агрегата η .

Пример агрегата с пульсирующим горением – водогрейный котел, представляющий собой **крупную КПП**, поверхности теплообмена в которой расположены в резонансной трубе. Два таких котла описаны в [3, 4]. Тепловая мощность каждого 100–150 кВт. Топливо – соляр. Время запуска – несколько секунд. Готовый теплоноситель подается с температурой 80–90 °С через 30–50 секунд. КПД более 95 % (при холодной исходной воде температура уходящих газов 70–80 °С, но по требованиям точки росы удерживается несколько выше). Габариты собственно котла – 0,2×0,2×2 м. Очевидна высокая приёмистость котла вследствие низкой удельной металлоемкости, быстрого прогрева рабочего тела, быстрого начала требуемого топочного процесса. По предложенной характеристике $\alpha > 80^\circ$, это высокий показатель. Такими небольшими агрегатами можно набирать группами больше мощности, обеспечив маневренность станции.

Принципиально новый тип котла описывается ниже. Это эволюционное развитие предыдущей схемы, но требование увеличения единичной мощности, требуемое современной теплоэнергетикой, приводит к революционным изменениям. Во-первых, размещение больших поверхностей нагрева приводит к резкому удлинению газового тракта. Поэтому неожиданное решение – свернуть в плоскую спираль общий газопровод. Конструкционные затруднения, как далее пока-

зано, легко решаются, особенно с учетом компоновок «в рассечку». Во-вторых, низкочастотные автоколебания в таком газопроводе, на первой или высших гармониках по четвертьволновой или полуволновой схеме, в таком газовом потоке поддерживаются автоматически, в частности – за счет пульсирующих горелок (акустический аналог – музыкальные инструменты типа валторны). В-третьих, такие котлы можно компоновать «слоями», один над другим, увеличивая общую мощность станции при умеренной площади застройки, обеспечивая высокую приёмистость всей энергосистемы.

На рис. 2 представлено проектное решение конструктивного исполнения котла с пульсационной интенсификацией по газовой стороне. Топочная часть (или начало движения горячих газов) – внутри витка газопровода, выхлоп продуктов сгорания – на внешнем витке. На рис. 2 обозначено: 1 – блок горелок, 2 – шлакоулавливающий блок, 3 – радиационно-конвективный блок, 4 – конвективный блок, 5 – I ступень воздухоподогревателя, 6 – II конвективный блок, 7 – I ступень воздухоподогревателя, 8 – устройства газоочистки, 9 – импульсный газоудалитель, 10 – устройства золошлакоудаления, 11 – дренажные узлы, 12 – последующие корпуса.

Основные предполагаемые характеристики котла: тип – прямоточный (водогрейный или парогенератор), тепловая мощность одного корпуса 100–200 МВт, топливо – газ, мазут, распыленное твердое (аэрозоль), наддув в начале газопровода 500–600 мм в. ст., удаление газов – импульсное (четыре камеры с периодом 2–10 с), частота колебаний – основная 2–5 герц, обертоны – 30–50 герц, подогрев воздуха 300–500 °С, очистка поверхностей нагрева – собственный режим акустической обдувки.

Корпус собирается из сегментных блоков, стыковка – фланцевая, обмуровка газоплотная, облегченная. Основные габариты – поперечное сечение газопроводов 3×3 м, общая длина 20–3 м.

Сравнение представленного котла с традиционными по упомянутым факторам приёмистости показывает, что даже мощные котлы можно создать весьма маневренными, отвечающими потребностям теплоэнергетики (угол α может быть не менее 80°).

Выводы

Описан метод оценки приёмистости теплогенераторов, основанный на анализе перехода пусковых режимов по выходу на стационарное рабочее действие. Предложены количественные

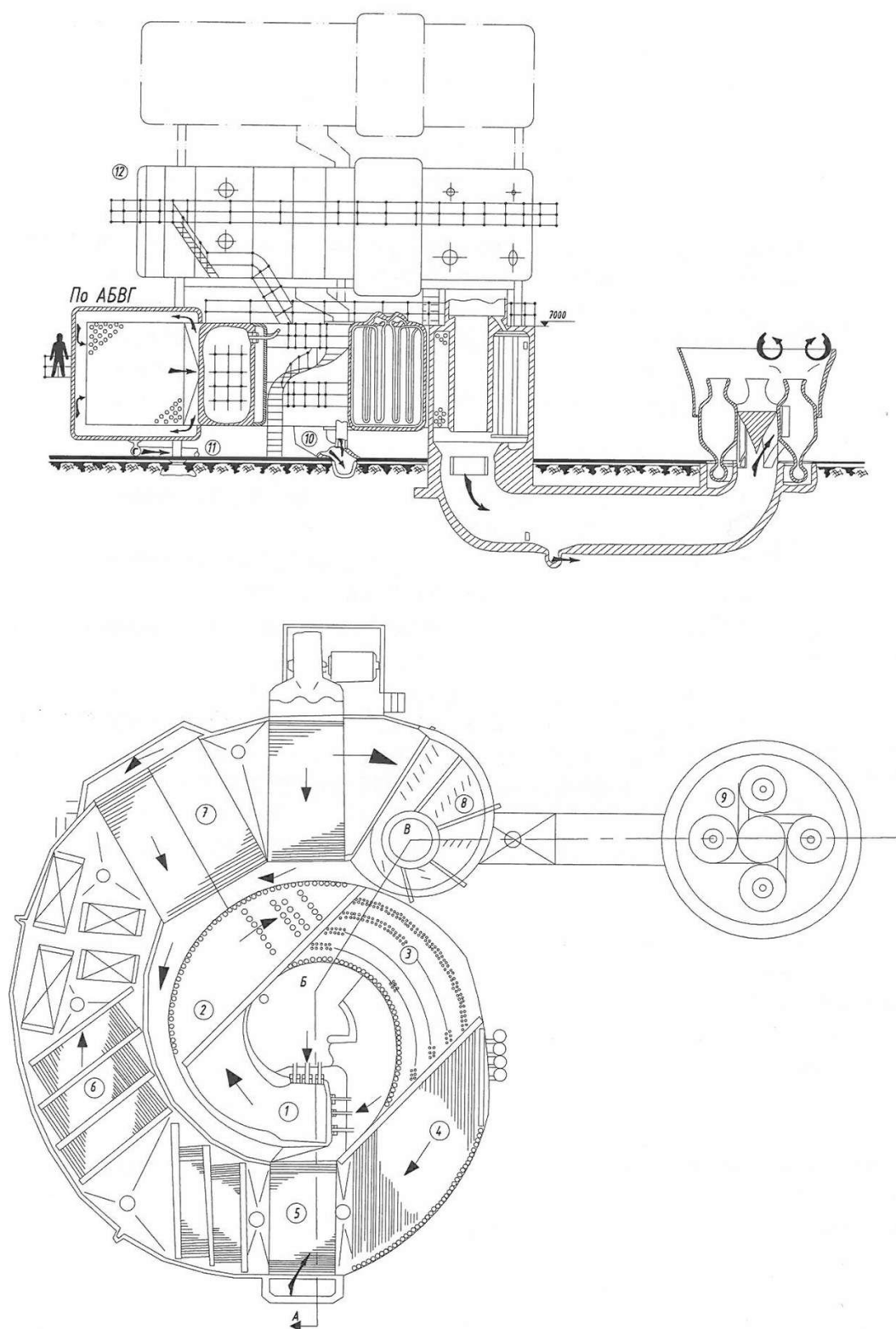


Рис. 2. Котел с пульсационной интенсификацией по газовой стороне

характеристики приёмистости, которые целесообразно включать в табличные данные теплогенераторов.

Пульсирующий режим горения топлива и теплообмена на утилизационных элементах благодаря резкой интенсификации физических тепловых процессов позволяет привлечь факторы (мас-

са, нагрев, скорость горения), увеличивающие приёмистость устройств пульсирующего горения.

В качестве высокоманевренного энергетического теплогенератора предлагается котел принципиально новой конструкции, представляющий собой крупную камеру пульсирующего горения с внутренними поверхностями нагрева.

Список использованных источников

1. Политехнический словарь / Гл. ред. А.Ю. Ишлинский. – М.: Советская энциклопедия, 1989. – С. 44.
2. Троянkin, Ю.В. Проектирование и эксплуатация огнетехнических установок / Ю.В.Троянkin. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – С. 195.
3. Технологическое пульсационное горение / В.А. Попов [и др.]. – М., Энергоатомиздат, 1993. – С. 254–281.
4. Северянин, В.С. Водогрейный котел с пульсирующим горением / В.С. Северянин // Журнал «Промышленная энергетика». – №11, 1983. – С. 46–47.
5. Прикладные исследования вибрационного горения / В.Н. Подымов [и др.]. – Изд. Казанского ун-та, 1978. – 212 с.

УДК 69.002.5 – 82

ФАЗОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ НАСОСНЫХ УСТАНОВОК МАШИН ИНЖЕНЕРНОГО ВООРУЖЕНИЯ

Котлобай А.Я., Котлобай А.А., Тамело В.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Рационализация систем отбора мощности силовой установки на привод ходового и рабочего оборудования машин инженерного вооружения проводится в направлении применения современных насосов переменной и производительности и постоянного объема, обеспечивающих эффективную работу данного оборудования, оптимизации режимов работы посредством развития систем управления на основе современной элементной базы. Базовые платформы насосов, при постоянном росте уровня их автоматизации, не изменяются.

Регулируемые аксиально-поршневые насосы серии 416 [1] с наклонной шайбой и переменным рабочим объемом (рис. 1, обложка стр. 2) предназначены для работы в замкнутых контурах для использования в мобильных, промышленных и стационарных установках. Подача рабочей жидкости на выходе пропорциональна частоте вращения вала насоса и рабочему объему. При этом величину рабочего объема можно бесступенчато регулировать от нуля до максимального значения.

Направление подачи рабочей жидкости можно реверсировать путем изменения наклона шайбы в противоположную сторону от нейтрального (режим нулевой подачи) положения. Гидронасосы комплектуются различными механизмами управления: непропорциональное гидравлическое; пропорциональное сервоуправление; пропорциональное гидроуправление; пропорциональное электроуправление.

Гидронасосы серии 416 имеют встроенный насос подпитки.

Регулируемые аксиально-поршневые насосы типа 313 [1] имеют широкий диапазон изменения рабочего объема, различные виды регулирования и управления (рис. 2).

В исходном положении рабочий объем может быть как максимальным, так и минимальным. Управление может быть позитивным или негативным. Позитивное управление увеличивает рабочий объем, а негативное управление уменьшает рабочий объем. Изменение рабочего объема вызывает изменение подачи и приводного момента.

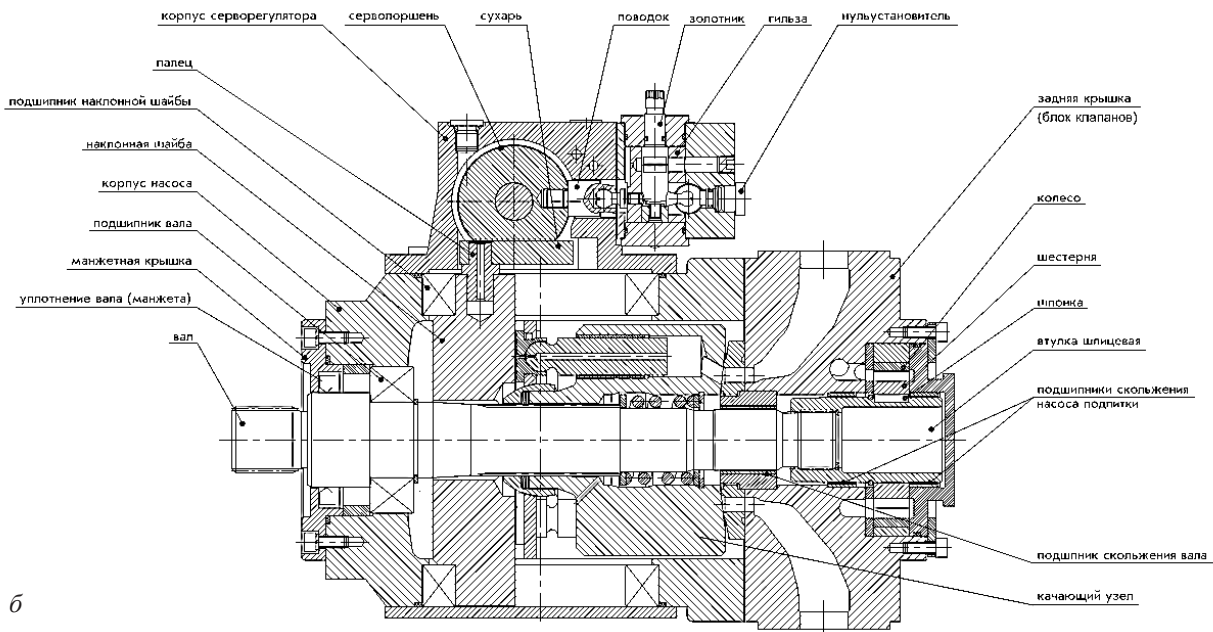


Рис. 1. Насос аксиально-поршневой регулируемый типа 416:
а – внешний вид (см. обложку); б – разрез

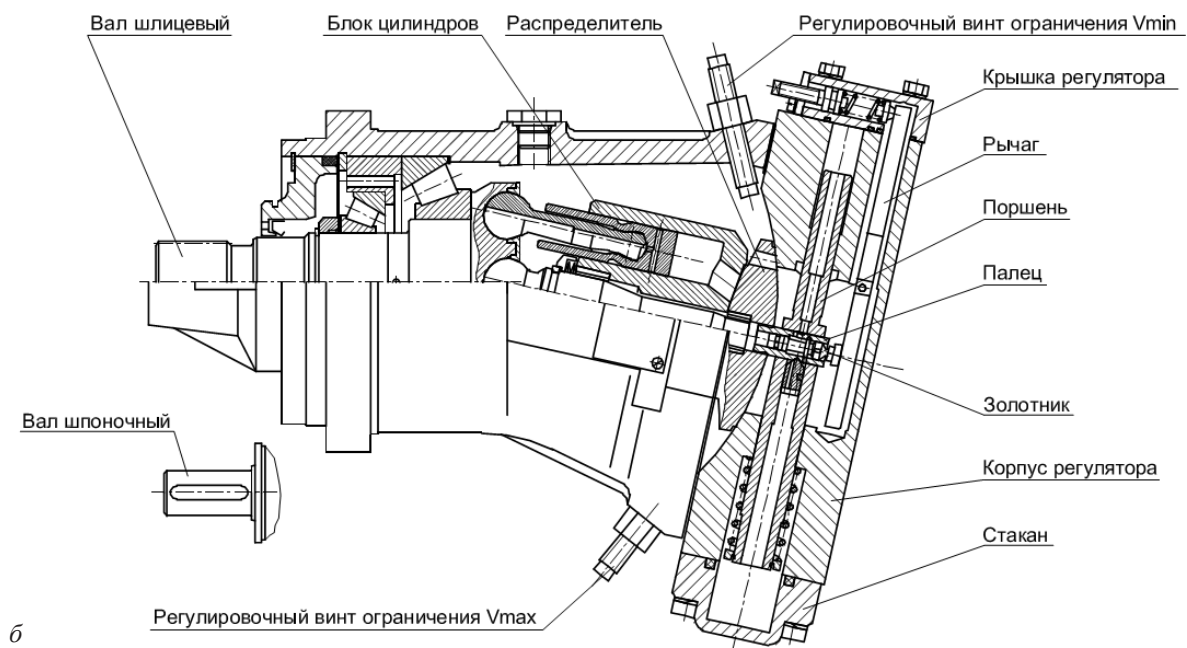


Рис. 2. Насос аксиально-поршневой регулируемый типа 313:
а – внешний вид см. обложку); б – разрез

Насосы нерегулируемые типа 310 [1] состоят из качающего узла, установленного в корпусе, и крышки (рис. 3). Качающий узел состоит из распределительного узла, в состав которого входят: вал, подшипники и блок цилиндров. Блок цилиндров по сферической поверхности контактирует с распределителем.

В рамках поиска направлений рационализации систем отбора мощности силовой установки на привод ходового и рабочего оборудования машин инженерного вооружения авторы рассмотрели возможность создания гаммы аксиально-поршневых насосов различного функционального назначения на базе универсального качающего узла и различных распределительных модулей, реализующих алгоритмы управления на основе технических решений предложенного метода фазового регулирования.

В аксиально-поршневых насосах относительное положение наклонной шайбы и гидрораспределителя обеспечивает алгоритм работы насоса, при котором рабочая жидкость поступает из бака в полость цилиндра на такте всасывания и нагнетается в напорную магистраль на такте нагнетания. Рабочий объем насоса определяется ходом и диаметром поршня.

Метод фазового регулирования состоит в изменении относительного углового положения наклонной шайбы и гидрораспределителя, обеспечивающего связь рабочих полостей блока цилиндров в пределах каждого такта последовательно с различными магистралями, т.е. при такте всасывания частично с всасывающей и напорной, а при

такте нагнетания – с напорной и всасывающей магистралями. При изменении фазового положения наклонной шайбы и гидрораспределителя объем насоса определяется эффективным ходом поршня, равным ходу поршня, в течение которого гидрораспределитель обеспечивает связь рабочей полости с одноименной магистралью на данном такте. Так, например, при связи рабочей полости блока цилиндров на такте всасывания 50 % хода каждого поршня с всасывающей, а 50 % с напорной магистралями, эффективный ход поршня равен нулю, соответственно эффективный объем насоса также равен нулю.

Технически, метод фазового регулирования насоса с вращающимся блоком цилиндров, может быть реализован по ряду направлений, предполагающих соответствующие конструктивные решения. Рассмотрим четыре направления:

I. Изменения относительного положения наклонной шайбы и гидрораспределителя [2].

II. Дискретизации непрерывных потоков рабочей жидкости всасывающей и напорной магистралей блока цилиндров насоса и перераспределения гидрораспределителем дискретных потоков рабочей жидкости между напорной магистралью и баком согласно алгоритму управления [3].

III. Деления цилиндров блока на две группы и оснащение каждой группы гидрораспределителем, один из которых неподвижен, а второй изменяет свое угловое положение относительно оси насоса согласно алгоритму управления, и дальнейшему суммированию обоих потоков в напорной магистрали [4, 5, 6].

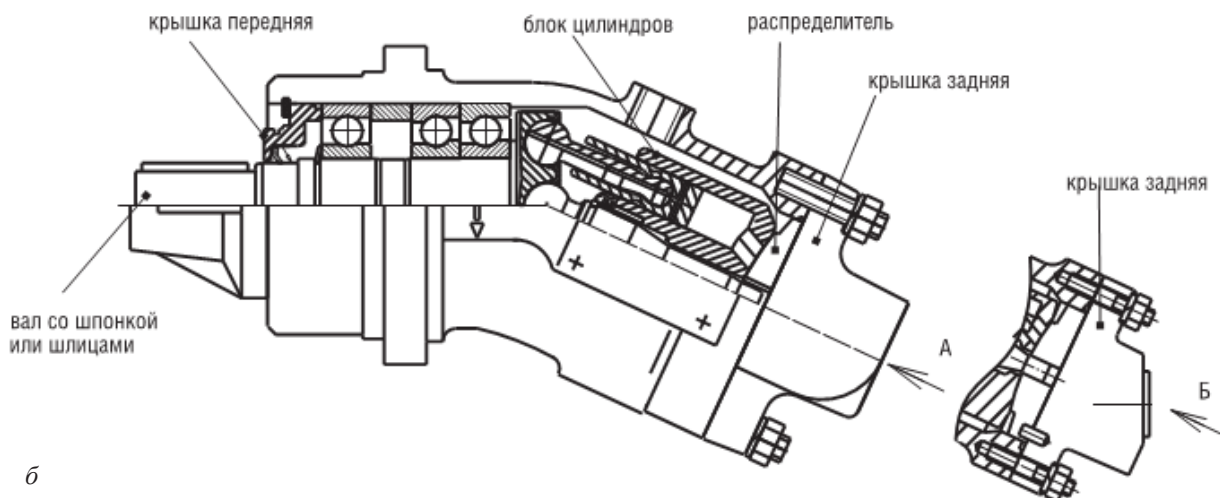


Рис. 3. Насос аксиально-поршневой регулируемый типа 310:
а – внешний вид (см. обложку); б – разрез

IV. Использование сдвоенного насоса, параметры одного неизменны, а второй изменяет свои параметры согласно алгоритму управления, и дальнейшему суммированию обоих потоков во всасывающей и напорной магистралях [7, 8].

Универсальный качающий узел 1 аксиально-поршневого насоса с подвижным блоком цилиндров (рис. 4, 5, 6) включает приводной вал 3, установленный в подшипниковом узле передней крышки корпуса 4, блок цилиндров 5, связанный с приводным валом 3 шлицевым соединением, поршни 6, образующие рабочие полости 7. Поршни 6 прижимаются к поверхности наклонной шайбы 8. Исполнительным механизмом, обеспечивающим управление насосом, является червячная передача, включающая червяк 9, установленный в корпусе 4, либо задней крышке кор-

пуса 4, с приводом автономным двигателем (не показан).

В рамках реализации первого направления распределительный модуль 2 включает опорно-распределительный диск 10, взаимодействующий с торцевой поверхностью блока цилиндров 5, установленный с возможностью поворота относительно оси насоса на угол $0-90^\circ$ (рис. 4), оснащенный двумя полукольцевыми пазми 11, 12, выполненными на торцевой поверхности. Полости полукольцевых пазов 11, 12 связаны каналами 13, 14 с каналами 15, 16 включения насоса в гидросистему. Опорно-распределительный диск 10 оснащен зубчатым венцом червячного зацепления, связанным с червяком 9.

В нейтральном положении опорно-распределительного диска 10 (рис. 4) плоскость симметрии полукольцевых пазов 11, 12 перпендикулярна плоскости наклона шайбы 8. Каждый поршень 6 работает половину своего хода в разных фазах, т.е. всасывает рабочую жидкость в процессе всасывания из каналов 15, 16, и нагнетает рабочую жидкость в процессе нагнетания в каналы 16, 15. Эквивалентный рабочий объем и подача аксиально-поршневого насоса минимальные – нулевые.

При повороте опорно-распределительного диска 10 на угол 90° по часовой стрелке каждый цилиндр полный ход поршня 6 работает в одной фазе, т.е. всасывает рабочую жидкость из канала 15 и подает ее в канал 16. При повороте опорно-распределительного диска 10 на угол 90° против часовой стрелки канал 16 является всасывающим, а канал 15 напорным. Каждый цилиндр полный ход поршня 6 работает в одной фазе, т.е. всасывает рабочую жидкость из канала 16 и подает ее в канал 15. Эквивалентный рабочий объем аксиально-поршневого насоса и подача рабочей жидкости максимальные.

Изменяя положение опорно-распределительного диска 10 в диапазоне угла $0\pm 90^\circ$, добиваемся плавного изменения подачи рабочей жидкости аксиально-поршневого насоса в диапазоне от нулевого до максимального значений при прямой подаче рабочей жидкости и реверсировании.

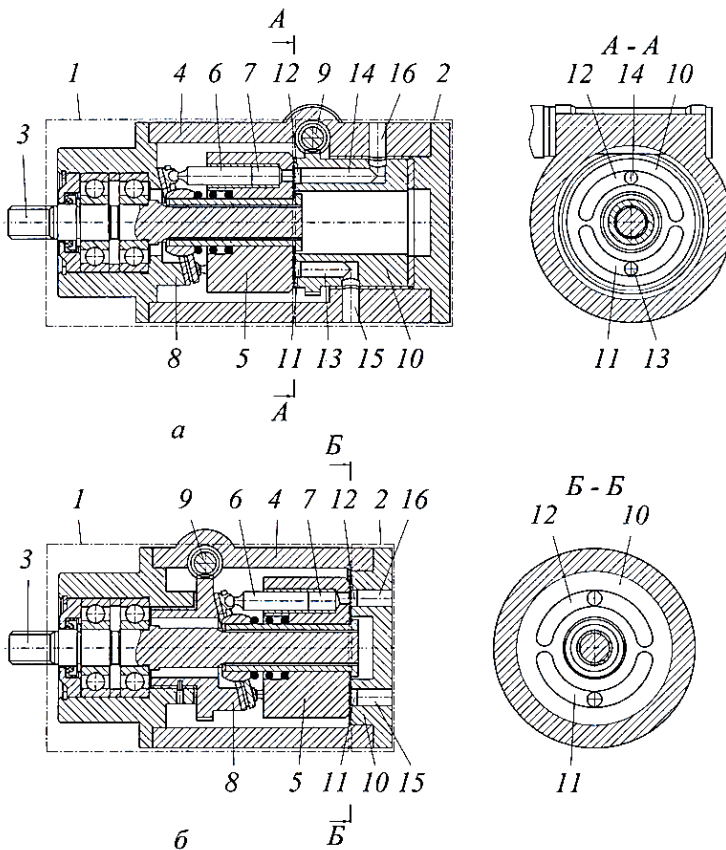


Рис. 4. Аксиально-поршневой насос с системой регулирования относительного положения наклонной шайбы и гидрораспределителя:

- 1 – универсальный качающий узел; 2 – распределительный модуль;
- 3 – приводной вал; 4 – корпус; 5 – блок цилиндров; 6 – поршень;
- 7 – рабочая полость; 8 – наклонная шайба; 9 – червяк;
- 10 – опорно-распределительный диск;
- 11, 12 – полукольцевой паз; 13, 14, 15, 16 – канал

В рамках реализации второго направления (рис. 5) распределительный модуль 2 включает опорно-распределительную втулку 10, оснащенную двумя полукольцевыми пазми 11, 12 с центральными углами составляющими $\approx 180^\circ$, выполненными на торцевой поверхности, распределительную втулку 13, ротор 14, установленный по наружной образующей поверхности в подвижной распределительной втулке 13, и связанный с приводным валом 3 шлицевым соединением. Опорно-распределительная втулка 10 закреплена в корпусе 4. Распределительная втулка 13 установлена по наружной образующей поверхности в опорно-распределительной втулке 10 с возможностью поворота на угол $\pm 90^\circ$. Для обеспечения поворота подвижная распределительная втулка

13 оснащена зубчатым венцом червячного зацепления. Привод червяка 9 осуществляется автономным двигателем. Полости полукольцевых пазов 11, 12 связаны каналами 15, 16 с полостями продольных каналов 17, 18 ротора 14.

На цилиндрической поверхности опорно-распределительной втулки 10 образованы два сегментных паза 19, 20 с полостями, связанными с каналами 21, 22 подключения насоса в гидросистему. На цилиндрической поверхности подвижной распределительной втулки 13 в зоне сегментных пазов 19, 20 образованы две группы диаметрально противоположных, смещенных по оси насоса, продольных каналов 23, 24 с центральными углами, составляющими 90° . Полость продольного канала 17 связана четырьмя радиальными каналами 25 ротора 14 с полостями группы продольных каналов 23 подвижной распределительной втулки 13. Полость продольного канала 18 связана четырьмя радиальными каналами 26 с полостями группы продольных каналов 24.

При исходном положении подвижной распределительной втулки 13 полость продольного канала 17 связана с полостью сегментного паза 20 через каналы 25, 23, а полость продольного канала 18 – с полостью сегментного паза 19 через каналы 26, 24. Каждый цилиндр полного хода поршня 6 работает в одной фазе, т.е. всасывает рабочую жидкость из канала 22 и подает ее в канал 21. Эквивалентный рабочий объем аксиально-поршневого насоса равен сумме всех рабочих объемов цилиндров максимальный. Подача рабочей жидкости аксиально-поршневого насоса максимальная.

При повороте подвижной распределительной втулки 13 на угол 90° по часовой стрелке каналы 23, 24 будут в зоне сегментного паза 20. При этом на такте всасывания рабочая жидкость будет поступать в рабочие полости 7 из полости сегментного паза 20, и подаваться в полость сегментного паза 20 из рабочих полостей 7 на такте нагнетания. Эквивалентный рабочий объем аксиально-поршневого насоса минимальный – нулевой.

При повороте подвижной распределительной втулки 13 на угол 180° по

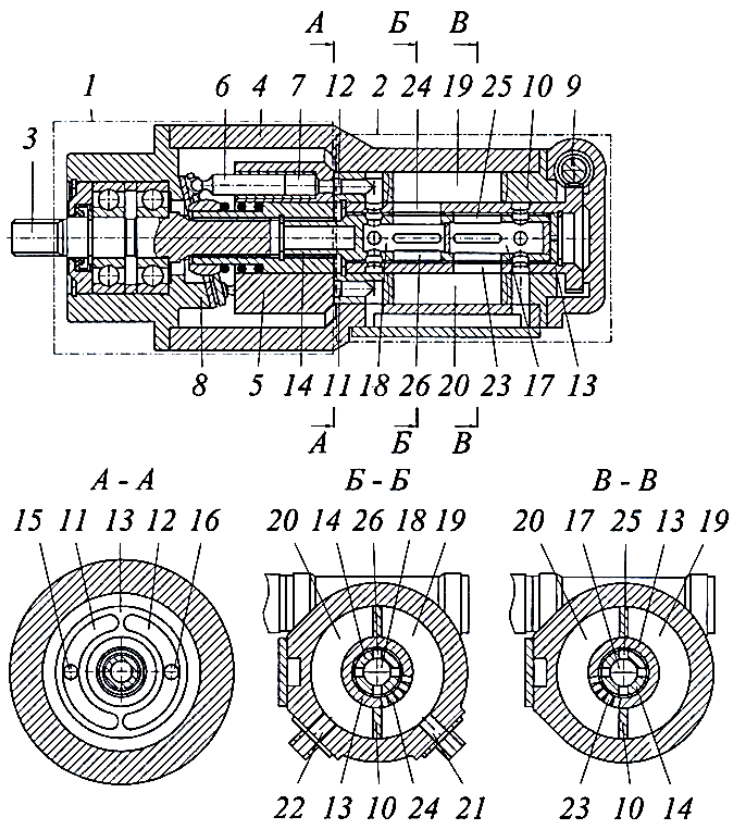


Рис. 5. Аксиально-поршневой насос регулируемый перераспределением потоков рабочей жидкости между магистралями гидросистемы:

- 1 – универсальный качающий узел; 2 – распределительный модуль;
- 3 – приводной вал; 4 – корпус; 5 – блок цилиндров;
- 6 – поршень; 7 – рабочая полость; 8 – наклонная шайба;
- 9 – червяк; 10 – опорно-распределительный диск;
- 11, 12 – полукольцевой паз; 13 – распределительная втулка;
- 14 – ротор; 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26 – канал;
- 19, 20 – сегментный паз

часовой стрелке каналы 23 переместятся в зону сегментного паза 19, а каналы 24 в зону сегментного паза 20. Канал 21 является всасывающим, а канал 22 напорным. Каждый цилиндр полный ход поршня 6 работает в одной фазе, т.е. всасывает рабочую жидкость из канала 21 и подает ее в канал 22. Эквивалентный рабочий объем аксиально-поршневого насоса равный сумме всех рабочих объемов цилиндров максимальный. Подача рабочей жидкости аксиально-поршневого насоса максимальная. В данном положении подвижной распределительной втулки 13 аксиально-поршневого насоса реверсируется.

Изменяя положение подвижной распределительной втулки 13 в диапазоне $0\pm 90^\circ$ добиваемся плавного изменения подачи рабочей жидкости аксиально-поршневого насоса в диапазоне от нулевого до максимального значений при прямой подаче рабочей жидкости и реверсировании.

В рамках реализации третьего направления (рис. 6) распределительный модуль 2 включает ось 19, блок цилиндров 5 и опорно-распределительная втулка 10 установлены по образующей поверхности оси 19. Ось 19 оснащена двумя сегментными пазы 20, 21, связанными с отводящим 17 и подводящим 18 каналами насоса. Опорно-распределительная втулка 10 установлена с возможностью поворота относительно оси насоса на угол $0-180^\circ$ и оснащена двумя полукольцевыми пазы 11, 12, выполненными на торцевой поверхности. Опорно-распределительная втулка 10 оснащена зубчатым венцом червячного зацепления. Привод червяка 9 осуществляется автономным двигателем. Рабочие полости 7 рядом расположенных цилиндров связаны каналами 22, 23 с сегментными пазы 20, 21 оси 19, каналами 13 с полукольцевыми пазы 11, 12 опорно-распределительной втулки 10. Полукольцевые пазы 11, 12 связаны каналами 14, 15, 16 с подводящим 18 и отводящим 17 каналами насоса.

При работе насоса с опорно-распределительной втулкой 10 в исходном положении, при котором сегментные пазы 20, 21 и полукольцевые пазы 11, 12 одинаково ориентированы относительно положения наклонной шайбы 8, рабочие полости 7 рядом расположенных цилиндров соединяются через каналы 22, 23, 13, сегментный паз 21, полукольцевой паз 12, каналы 15, 16, 18 с баком гидросистемы при увеличении объемов рабочих полостей 7, а через каналы 22, 23, 13, сегментный паз 20, полукольцевой паз 11, каналы 14, 16, 17 – с напорной магистралью потребителя при уменьшении объемов рабочих полостей 7.

Эквивалентный рабочий объем аксиально-поршневого насоса максимальный.

При повороте опорно-распределительной втулки 10 на угол близкий к 180° сегментные пазы 20, 21 и полукольцевые пазы 11, 12 ориентированы относительно положения наклонной шайбы 8 со сдвигом фаз на 180° . При этом на такте всасывания рабочая жидкость поступает в рабочие полости 7 половины цилиндров блока 5 через канал 18, сегментный паз 21, каналы 23, 22, а в рабочие полости 7 второй половины цилиндров блока 5 рабочая жидкость поступает через каналы 17, 16, 14, полукольцевой паз 11, канал 13. При движении поршней 6 внутрь блока цилиндров 5 рабочая жидкость из рабочих полостей 7 нагнетается половиной цилиндров блока 5 через каналы 22, 23, сегментный паз 20, канал 17 в напорную магистраль потребителя, а второй половиной цилиндров блока 5 из рабочих полостей 7 через каналы 13, полукольцевой паз 12, каналы 15, 16, 18 – в бак гидросистемы. Эквивалентный рабочий объем аксиально-поршневого насоса равный сумме всех рабочих объемов цилиндров нулевой.

Изменяя фазовый угол полукольцевых пазов 11, 12 относительно сегментных пазов 20, 21 добиваемся необходимого эквивалентного рабочего объема и подачи рабочей жидкости аксиально-поршневого насоса от нулевого до максимального значений.

В основу реализации четвертого направления положены двоянные насосы. Технически двоянный аксиально-поршневой насос может быть реализован посредством компоновки двух качающих узлов в одном блоке цилиндров рис. 7 [7].

Сдвоенный качающий узел 1 аксиально-поршневого насоса с подвижным блоком цилиндров (рис. 7) включает приводной вал 3, установленный в подшипниковом узле передней крышки корпуса 4, блок цилиндров 5, связанный с приводным валом 3 шлицевым соединением, поршни 6, 7, образующие рабочие полости 8. Поршни 6 прижимаются к поверхности наклонной шайбы 9. Поршни 7 прижимаются к поверхности наклонной шайбы 10, установленной с возможностью поворота на 180° относительно оси насоса, оснащенной зубчатым венцом червячного зацепления. Привод червяка 11 осуществляется автономным двигателем.

Распределительный модуль 2 включает ось 12, оснащенную двумя сегментными пазы 13, 14, связанными с отводящим 15 и подводящим 16 каналами насоса. Рабочие полости 8 связаны каналами 17 с сегментными пазы 13, 14 оси 12.

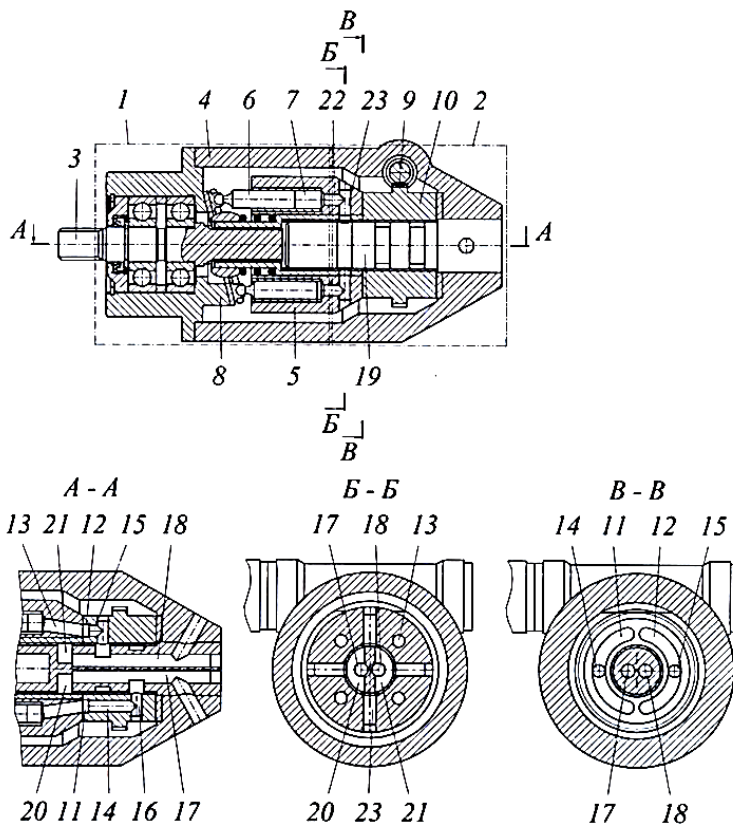


Рис. 6. Аксиально-поршневой насос регулируемый изменением относительного положения распределителей:
 1 – универсальный качающий узел; 2 – распределительный модуль;
 3 – приводной вал; 4 – корпус; 5 – блок цилиндров;
 6 – поршень; 7 – рабочая полость; 8 – наклонная шайба;
 9 – червяк; 10 – опорно-распределительный диск;
 11, 12 – полукольцевой паз; 13 – распределительная втулка;
 14 – ротор; 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 24, 25, 26 – канал;
 19, 20 – сегментный паз

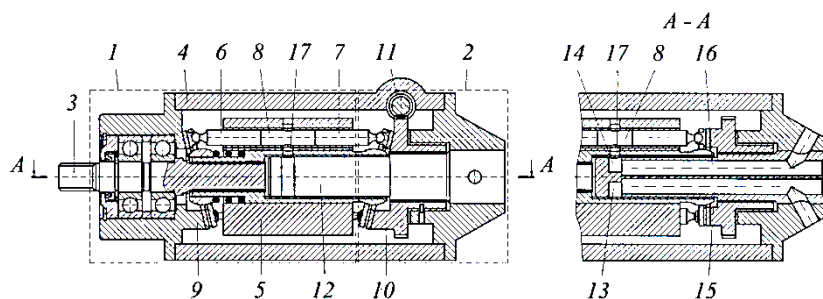


Рис. 7. Аксиально-поршневой насос сдвоенный, регулируемый изменением относительного положения наклонных шайб:

1 – универсальный качающий узел; 2 – распределительный модуль; 3 – приводной вал;
 4 – корпус; 5 – блок цилиндров; 6, 7 – поршень; 8 – рабочая полость; 9, 10 – наклонная шайба;
 11 – червяк; 12 – ось; 13, 14 – сегментный паз; 15, 16, 17 – канал

При положении шайбы 10, обеспечивающем разнонаправленное движение поршней 6, 7, эквивалентный рабочий объем насоса максимальный. При установке шайбы 10 параллельно шайбе 9 посредством поворота ее червяком 11 на угол 180° обеспечивается движение поршней 6, 7 в одну сторону, эквивалентный рабочий объем насоса минимальный (нулевой). Изменяя положение шайбы 10 в пределах угла $0-180^\circ$, получаем необходимый эквивалентный рабочий объем насоса в диапазоне минимальный – максимальный.

Предлагаемый метод фазового регулирования эквивалентного рабочего объема аксиально-поршневого насоса является мало энергоёмким. Малая энергоёмкость системы управления обеспечит увеличение общего КПД насосной установки. Применение электродвигателей управления расширяет возможности автоматизации системы управления.

Список использованных источников

1. Каталог гидравлики. ОАО «Пневмостроймашина». Издание №2. – Екатеринбург, 2005. – 134 с.
2. Аксиально-поршневая гидромашина: пат. 20980 С1 Респ. Беларусь, МПК **F 15B 11/22** (2006. 01). / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ю. Шляхтун, В.Ф. Тамело; заявитель Белорусский национальный технический университет – № а 20131439; заявл. 2013.12.04; опубл. 2017.04.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2017. – № 2.
3. Снижение материалоемкости приводов рабочего оборудования траншейно-котлованной машины / А. Я. Котлобай [и др.] // Инженер-механик. – 2011. №1 (74). – С. 10–17.
4. Аксиально-поршневая гидромашина: пат. 8454 U Респ. Беларусь, МПК **F 15B 11/22** (2006.01) / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, А.М. Витковский; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № u 20120057; заявл. 2012.01.23; опубл. 2012.08.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 4.
5. Аксиально-поршневая гидромашина: пат. 9326 U Респ. Беларусь, МПК **F 15B 11/22** (2006.01) / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, В.Ф. Тамело, С.А. Позняк; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № u 20121179; заявл. 2012.12.28; опубл. 2013.06.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 3.
6. Аксиально-поршневая гидромашина: пат. 18365 С1 Респ. Беларусь, МПК **F 04B 11/22** (2006.01) / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № а 20111501; заявл. 2011.11.11; опубл. 2014.06.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2014. – № 3.
7. Аксиально-поршневая гидромашина: пат. 14695 С1 Респ. Беларусь, МПК **F 04B 11/22** (2006.01) / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, Ю.В. Костко, С.В. Кондратьев, В.Ф. Тамело; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № а 20090537; заявл. 2009.04.15; опубл. 2011.08.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 4.
8. Аксиально-поршневая гидромашина: пат. 15486 С1 Респ. Беларусь, МПК **F 04B 11/22** (2006.01) / А.Я. Котлобай, А.А. Котлобай, Ю.В. Костко, С.В. Кондратьев, В.Ф. Тамело; заявитель Белорусский национальный технический университет. – № а 20081458; заявл. 2008.11.18; опубл. 2012.02.28 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 1.

УДК 629.735.-519:629.7.018.7

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТОРМОЗНОГО ПОСАДОЧНОГО КОМПЛЕКСА

Е.И. Каханчик, А.И. Мамончик, А.А. Щавлев, П.П. Якишонок

Научно-производственный центр

многофункциональных беспилотных комплексов НАН Беларуси

С середины 70-х годов прошлого столетия в развитых странах (США, Израиль, ФРГ, Канада и др.) началось активное использование беспилотных авиационных комплексов в различных отраслях народного хозяйства, в том числе и в военной сфере. По мере усложнения задач, решаемых беспилотной авиацией, возрастает и масса беспилотных летательных аппаратов (далее БЛА). Более тяжелые беспилотники запускают с катапульты, а посадку они также производят либо с помощью парашюта, либо на корпус. Но полученный на практике уровень аварийности для указанных способов посадки оказался заметно выше, чем для типового способа посадки на взлетно-посадочную полосу (далее ВПП) [1]. Поэтому в странах-лидерах в области создания БЛА (США, Израиль) проводятся работы по совершенствованию известных и разработке новых способов посадки беспилотников вне аэродромов или на аэродромах с укороченной ВПП.

Одним из таких способов посадки является использование аэрофинишеров.

В настоящее время существует и даже практически применяется ряд образцов беспилотников,

которые запускаются с помощью катапульты, а посадку производят на специальные наземные или корабельные системы – аэрофинишеры.

Принцип действия аэрофинишеров основан на преобразовании кинетической энергии движущегося БЛА в потенциальную энергию сжатия пружины с помощью винтовой пары. Конструктивно тормозной посадочный комплекс включает бортовую часть (рис. 1, 2), обеспечивающую выпуск крюка (гака) после приземления БЛА, и наземную часть, состоящую из двух блоков аэрофинишеров и приемного троса между ними (рис. 3 и 4).

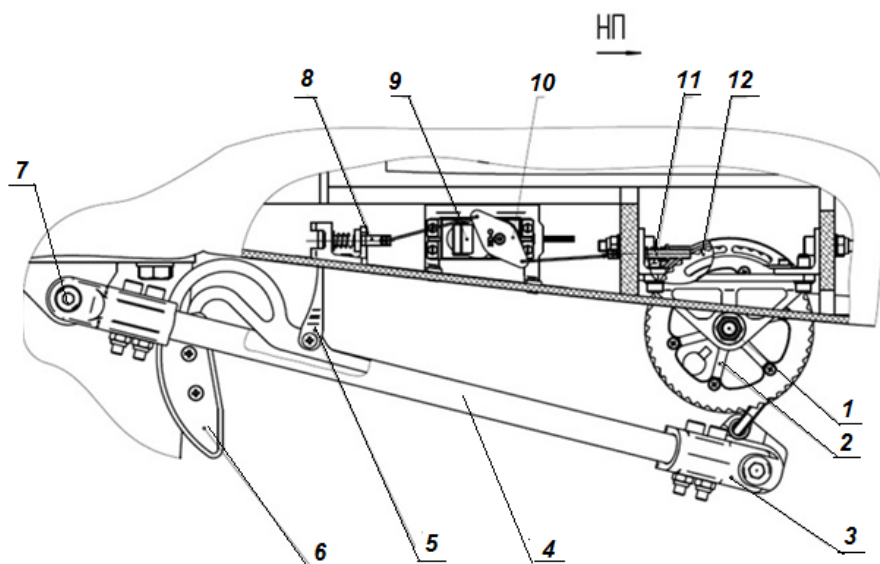


Рис. 1. Полетное положение бортовой части ТПК:

1 – ось барабана и шкива, 2 – барабан, 3 – шарнирный узел, 4 – направляющие, 5 – зацеп, 6 – крюк, 7 – ось заднего шарнира, 8 – шток, 9 – сервопривод, 10 – качалка, 11 – шток, 12 – шкив

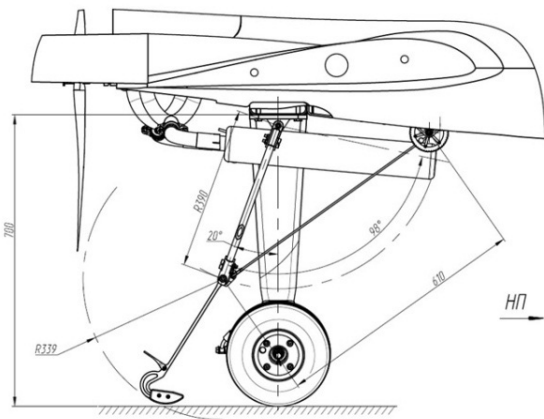


Рис. 2. Посадочное положение бортового оборудования ТПК

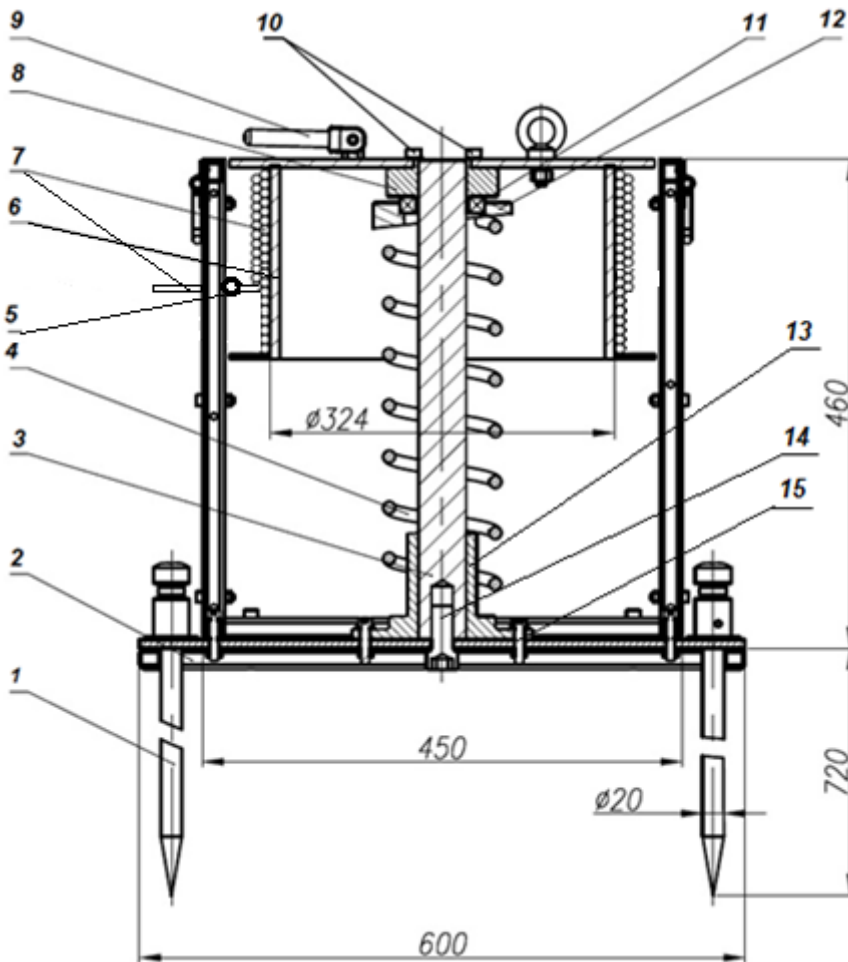


Рис. 3. Конструкция блока аэрофинишера:

- 1 – приколыши, 2 – основание (опорная плита), 3 – резьбовой вал, 4 – пружина силовая, 5 – направляющее кольцо, 6 – барабан, 7 – трос, 8 – втулка резьбовая, 9 – рукоятка, 10 – болты, 11 – подшипник радиально упорный, 12 – втулка подшипника, 13 – втулка фиксирующая, 14 – центральный болт, 15 – болты периферийные

После касания колесами основного шасси БЛА ВПП при посадке за 60–80 м от БЛА до аэрофинишеров оператор БЛА подает команду на сервопривод 9. При срабатывании сервопривода происходит поворот качалки 10 на 45 градусов. При этом перемещение штока 8 освобождает зацеп 5, а перемещение штока 11 освобождает шкив 12 с барабаном 2. При освобождении зацепа 5 крюк 6 под действием силы тяжести поворачивается относительно оси шарнирного узла 3 и занимает требуемое положение (рис. 2). Одновременно, при перемещении штока 11, освобождается шкив 12 с барабаном 2, вследствие чего происходит разматывание троса и опускание передней части направляющих 4 до касания крюка 6 поверхности ВПП (рис. 2). При дальнейшем движении БЛА

крюк скользит по поверхности ВПП до зацепления с приемным тросом наземной части ТПК.

Блок аэрофинишеров представляет собой рамную конструкцию с опорной плитой 2, на которой болтами 14 и 15 жестко закреплен фланец 13 с резьбовым валом 3, по которому наворачивается бронзовая резьбовая втулка 8, жестко соединенная с барабаном 6 болтами 10. Между опорной плитой 2 и втулкой подшипника 12 установлена силовая пружина 4. Для предотвращения вращения силовой пружины, при вращении барабана используется радиально упорный подшипник 11, установленный во втулку 12.

На барабан намотан трос, длиной около 50 м. Один конец троса закреплен на барабане, а второй – свободный конец длиной 1,5–2,0 м, выведен наружу для соединения с приемным тросом. Намотка выполнена таким образом, чтобы при разматывании троса вращающийся барабан с резьбовой втулкой сжимал пружину, превращая кинетическую энергию в упругую.

тическую энергию БЛА в потенциальную энергию сжатой пружины, возрастающей по мере разматывания троса. Усилие сжатия пружины при разматывании основного троса передается от резьбовой втулки 8 через упорный подшипник 11 и втулку подшипника 12 на пружину 4.

Для обеспечения равномерной намотки троса на барабан предусмотрено направляющее кольцо 5.

Рукоятка 9 (рис. 3) служит для наматывания/смазывания тросов на барабан, в том числе и без сжатия пружины 4.

Приемный трос (рис. 4) предназначен для соединения свободных концов тросов аэрофинишеров и обеспечения зацепа крюка бортовой части ТПК при движении БАК по ВПП. В его состав входят: трос длиной 40 м, два винтовых карабина, два пружинных компенсатора и комплект установочных дисков, насаженных на приемный трос (в средней части) через каждый 1 м. Каждый компенсатор представляет собой пружину длиной 0,2 м в свободном состоянии и петлю, обеспечивающих плавное нарастание усилий торможения при зацепе крюка бортовой части ТПК за приемный трос. Кроме того, такая конструкция обеспечивает предварительное натяжение троса для исключения провисания и его быстрый подъем на уровень установочных крюков после наезда на него колес шасси.

Представленный на рис. 1–4 тормозной посадочный комплекс с жесткостью пружин 70,63 Н/мм обеспечивает полную остановку БЛА массой 600 кг, движущегося по ВПП со скоростью 15 м/с (54 км/ч) на дистанции 33 м.

Исходными данными для расчетов параметров тормозного посадочного комплекса являются:

- масса БЛА – m , кг;
 - посадочная скорость БЛА V , м/с;
 - требуемая длина тормозного пути $l_{\text{торм}}$, м.
- Далее, по исходным данным вычисляются:

1) Требуемая расчетная энергия торможения двумя блоками аэрофинишеров по формуле

$$A_{\text{торм}} = mV^2/2, \text{ Дж.}$$

Для одного блока аэрофинишера

$$A_{1 \text{торм}} = A_{\text{торм}} / 2; \quad (1)$$

2) Исходя из удобства транспортирования и переноски, износоустойчивости и прочности выбираются диаметр барабана b (рис. 3), диаметр и шаг резьбы;

3) Для выбранного типа резьбы определяется КПД винтовой пары (например, для упорной резьбы и материалов вала и гайки – закаленная сталь/бронза со смазкой при $p = 6$ мм и $d = 40$ мм – $\eta = 0,20 - 0,21$);

4) Реальная энергия торможения для одного блока аэрофинишера равна

$$A_{1 \text{торм. реал}} = A_{1 \text{торм}} \times \eta. \quad (2)$$

5) Для силы торможения $F_{\text{торм}}$, возрастающей по линейному закону, энергия торможения равна $A_{1 \text{торм. реал}} = F_{\text{торм}} \times l_{\text{торм}} / 2$, откуда получаем требуемую силу торможения в конце дистанции торможения

$$F_{\text{торм}} = 2 \times A_{1 \text{торм. реал}} / l_{\text{торм}}; \quad (3)$$

6) Сила сжатия пружины аэрофинишера G связана с длиной размотанного троса $l_{\text{торм}}$ соотношением

$$G = k \times H = \frac{k \times p \times l_{\text{торм}}}{\pi \times D},$$

где k – коэффициент жесткости пружины, Н/м;

H – смещение пружины ($H = \frac{p \times l_{\text{торм}}}{\pi \times D}$), м;

D – диаметр барабана троса, м;

p – шаг винта, м;

$l_{\text{торм}}$ – длина тормозного пути, м.

Тогда, соотношение между силами сжатия пружины G и натяжения троса $F_{\text{тр}}$ с учетом КПД винтовой пары (η) и коэффициента передачи винтовой пары $j = \frac{\pi \times D}{p}$ можно выразить формулой

тогда, соотношение между силами сжатия пружины G и натяжения троса $F_{\text{тр}}$ с учетом КПД винтовой пары (η) и коэффициента передачи винтовой пары $j = \frac{\pi \times D}{p}$ можно выразить формулой

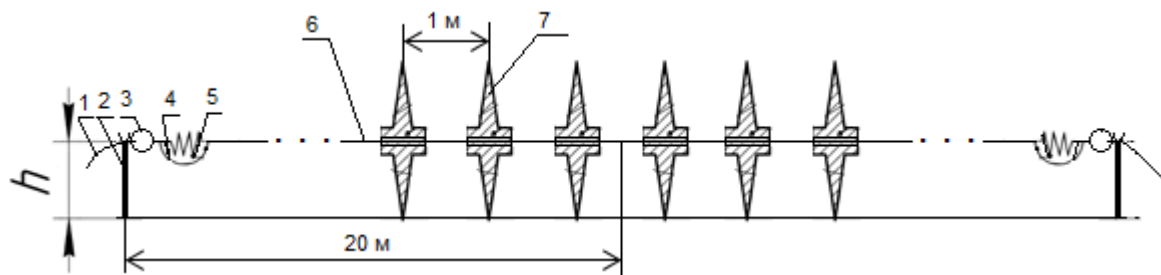


Рис. 4. Конструкция приемного троса

1 – трос аэрофинишера, 2 – установочная опора, 3 – карабин резьбовой, 4 – петля компенсатора, 5 – пружина компенсатора, 6 – трос приемный, 7 – установочный диск

$$F_{\text{сп}} = \frac{G}{j \times \eta} = \frac{G \times p}{\eta \times \pi \times D} = \frac{k \times p^2 \times l}{(\pi \times D)^2} \quad (5)$$

Из формулы (5) получаем выражение для определения требуемой жесткости пружины при выбранных значениях остальных параметров в виде

$$k = \frac{F_{\text{сп}} \times \eta \times (\pi \times D)^2}{l_{\text{торм}} \times p^2} \quad (6)$$

7) Производится расчет винтовой пары по методике, изложенной в [2], в результате которого определяются ее прочностные характеристики,

длина резьбовой части и уточняется КПД пары;

8) При значительном отличии расчетного КПД от выбранного в п. 3) производится повторный расчет с измененными параметрами винтовой пары (материал, диаметр и шаг резьбы) и жесткостью пружины. Следует учесть, что увеличение шага резьбы приводит к увеличению КПД пары, а увеличение диаметра резьбового вала к уменьшению КПД.

Примечание: Длину резьбовой части вала и троса аэрофинишера рекомендуется увеличить на 20 %.

Литература:

1. Патент RU 2399560 C1, заявка 2009124730/11 от 30.06.2009;
2. Соловьев В.И. Детали машин: курс лекций. III часть / В.И. Соловьев. – Новосибирск: НВИ, 1997. – С. 30–78.

К ВОПРОСУ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НЕБАЛАНСА ПРИРОДНОГО ГАЗА В СИСТЕМЕ ПОСТАВЩИК – ПОТРЕБИТЕЛЬ

В. Л. Колпащиков

Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси

Природный газ в Республике Беларусь является базовым энергоносителем, являющимся источником других видов энергии. Кроме того, газ является товаром и предметом коммерческих сделок между газоснабжающей организацией (далее – ГСО) и конечными потребителями. В настоящее время в практике поставки и использования природного газа существует экономическая и научно-практическая проблема небаланса, который представляет собой разницу между количеством газа, поступившим в трубопроводную сеть и отобранном из нее участниками коммерческого учета за отчетный период. Основными причинами его возникновения являются неравномерность суточного и сезонного колебаний объемов потребленного газа, значительные отклонения термодинамических рабочих условий от стандартных при функционировании узлов учета, разнообразие и несовершенство методик выполнения из-

мерений (МВИ) среднесуточного объема газа, невысокая точность узлов учета промышленных потребителей и неопределенность при измерениях количеств газа на узлах учета. Для решения этой проблемы необходима разработка детального алгоритма распределения небаланса в системе ГСО – потребители.

Результатом сведения баланса для данной устойчивой системы газоснабжения являются учетные объемы природного газа в стандартных условиях для каждого узла учета за отчетный период. При этом необходимо учитывать тот факт, что узлы учета газа дают результаты измерений, которые имеют определенный предел абсолютной погрешности. Учет природного газа подразумевает переход от результатов измерений к учетным количествам потребленного природного газа – значениям величин, используемым при взаимных расчетах между газоснабжающей органи-

зацией и потребителями. Учетные количества потребленного природного газа не имеют погрешности и достоверны как результат применения взаимосогласованных правил между газоснабжающей организацией и потребителями.

Для определения учетных объемов природного газа за отчетный период проводится процедура сведения баланса между газоснабжающей организацией и потребителями.

Погрешность измерения объема потребленного газа определяется выражением

$$\Delta V_{\text{потр.}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta V_i^2},$$

где ΔV_i – погрешность узла учета газа (УУГ) i -го потребителя, n – число потребителей.

Абсолютная величина небаланса $|V_{\text{нб}}|$ меньше или равна погрешности $\Delta V_{\text{нб}}$, с которой небаланс можно определить с помощью узлов учета газа поставщика (ГСО) и потребителей

$$|V_{\text{нб}}| \leq \Delta V_{\text{нб}}.$$

Погрешность $\Delta V_{\text{нб}}$ определяется по формуле

$$\Delta V_{\text{нб}} = \sqrt{(\Delta V_{\text{ГСО}})^2 + (\Delta V_{\text{потр.}})^2}.$$

Для уменьшения ущерба какой-либо стороне газоснабжения от возникающего небаланса предлагается методика его распределения меж-

ду всеми участниками процесса газоснабжения. Стороны компенсируют часто стоимости небаланса пропорционально погрешности средств учета объемов газа. С этой целью определяется доля небаланса, приходящаяся на каждого участника процесса газоснабжения:

$$D = \left(\frac{\Delta V_i}{\Delta V_{\text{нб}}} \right)^2.$$

Для определения корректирующих значений объема газа $V_i^{\text{корр}}$, который должны компенсировать стороны, необходимо долю D_i умножить на абсолютную величину небаланса:

$$V_i^{\text{корр}} = D_i |V_{\text{нб}}|, \quad V_{\text{ГСО}}^{\text{корр}} = D_{\text{ГСО}} |V_{\text{нб}}|.$$

Приведем окончательные выражения для объемов газа для поставщика (ГСО) и потребителей с учетом распределения небаланса:

$$V_{\text{ГСО}} = V_{\text{ГСО}}^{\text{УУГ}} - D_{\text{ГСО}} |V_{\text{нб}}|.$$

$$V_{\text{потр.}} = V_i^{\text{УУГ}} - D_i |V_{\text{нб}}|.$$

Такое распределение объемов газа для поставщика и потребителей является научно обоснованным и справедливым, поскольку учитывает через абсолютную погрешность два источника небаланса – относительную погрешность и объем поставляемого и потребляемого газа.

XI НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ИННОВАЦИИ. ОБРАЗОВАНИЕ. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ»

Г. БАРАНОВИЧИ, 20-21 НОЯБРЯ 2017 ГОДА



Конференция проведена учреждением образования «Государственный институт повышения квалификации и переподготовки кадров в области газоснабжения «ГАЗ-ИНСТИТУТ».

В качестве соорганизаторов конференции выступили Государственное научное учреждение «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова Национальной Академии наук Беларуси», Государственное учреждение образования «Белорусская медицинская академия последиplomного образования», Институт повышения квалификации и переподготовки кадров учреждения образования «Могилевский государственный университет продовольствия».

Конференция проведена в целях обсуждения результатов апробации и внедрения теоретических, экспериментальных, конструкторских и технологических работ в энергетике и других отраслях национальной экономики, анализа использования энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий, обсуждения актуальных вопросов и проблем реализации инновационных методик и проектов в системе дополнительного образования взрослых.

Конференция ориентирована на руководителей и специалистов организаций топливно-энергетического комплекса и других отраслей национальной экономики, профессорско-преподавательский состав учреждений образования, сотрудников научных организаций.

По материалам сайта <http://minenergo.gov.by>

ИННОВАЦИИ В СОВРЕМЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ

Алексеев С.М., Карона Г.Н.,

г. Минск, УО «Минский государственный энергетический колледж»

Инновации — крупномасштабные структурные преобразования, затрагивающие все сферы и аспекты современного общества, проявляющиеся в возникновении и широком распространении новых идей, технологий, форм материального производства и элементов общественного сознания. В системе образования наступление эры инновационного развития ознаменовали информационно-компьютерные технологии, интернет и методы визуализации.

Персональный компьютер и интернет, с одной стороны, необратимо преобразовали современное образование. С другой, показали нежизнеспособность многих педагогических теорий. Одна из ныне популярных педагогических теорий утверждает, что у обучающихся следует формировать не знания, умения и навыки, а некоторые «таинственные компетенции», о происхождении и развитии которых никто в педагогике ничего нового сказать не может. Процесс обучения в современных школах сегодня меняют не диссертации, стандарты и инструктивно-методические письма, а персональный компьютер, мобильная связь, интернет и методы визуализации.

Кембриджский англо-русский словарь рассматривает понятие «инновация» с двух точек зрения: во-первых, как новую идею или как впервые используемый метод, во-вторых, как процесс использования новых идей или методов. Данный подход фиксирует прочную связь между идеей и методом, то есть способом ее реализации, приводящим к некоторым полезным результатам. Следует подчеркнуть, что инновация — это не любое новшество или нововведение, а только такое, которое серьезно повышает эффективность действующей системы или процесса. В научной литературе различают два типа инноваций: 1) абсолютные инновации и 2) относительные инновации.

Абсолютные инновации — это создание чего-то принципиально нового в мировой науке или

культуре, это что-то такое, чего раньше не существовало вообще, а относительные инновации — это использование абсолютных инноваций в практике той или иной организации или структуры. Очевидно, что абсолютное большинство нововведений, имеющих место в учреждениях общего среднего, среднего специального и высшего образования, могут претендовать только на статус относительных.

С точки зрения современных научных представлений, инновации — это результат инвестирования интеллектуального ресурса в разработку и получение нового знания или ранее не применявшейся идеи, например, по обновлению различных сфер жизни и деятельности человека: технологии, товары, услуги, организационные формы существования общества (например, образование, управление, наука и др.).

Анализ опыта работы учреждений среднего специального образования показывает, что решающее значение в обозримой перспективе будут иметь те педагогические инновации, которые сегодня зарождаются в сфере философии образования, в теории и практике управления образованием, в области разработки содержания образования и в создании новых технологий и методов обучения.

Среди наиболее перспективных инноваций, нацеленных на повышение качества образовательного процесса в условиях средних специальных учебных заведений, можно выделить следующие:

- экологический подход и создание развивающей среды в учреждениях и общежитиях средних специальных учебных заведений;
- формирование профессионального сознания у выпускников средних специальных учебных заведений;
- формирование профессиональных компетенций в подготовке специалистов технических специальностей;
- организация профориентации и профотбора;

- робототехника и информационные технологии в системе дополнительного образования;
- техническое творчество, рационализаторская и изобретательская деятельность учащихся во внеучебной деятельности;
- формирование экологической культуры и

здорового образа жизни в обучении и в системе внеучебной деятельности.

Оптимальным вариантом внедрения педагогических инноваций в систему среднего специального образования является дистанционное обучение.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЛАНЦЕВОГО ГАЗА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Могилат Г.А.

г. Минск, ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ»

Современная технология добычи сланцевого газа — это бурение одной вертикальной скважины и нескольких горизонтальных скважин длиной до 2–3 км. В пробуренные скважины закачивается смесь воды, песка и химикатов, в результате гидроудара разрушаются стенки газовых коллекторов, и весь доступный газ откачивается на поверхность. Процесс горизонтального бурения проводится посредством инновационной методики сейсмического моделирования.

Газовые коллекторы в сланцевом пласте имеют свои отличия и сконцентрированы в порах сланца, в виде скоплений возле источника органических веществ, в природных переломах.

Учитывая негативные факторы, связанные с несовершенной технологией добычи и загряз-

нением окружающей среды, сланцевый газ все равно является наиболее перспективным энергоресурсом в долгосрочной перспективе. Общий объем сланцевого газа в течение прошедших 10 лет все эксперты оценивали в 456 трлн м³.

В 2016 году начались переговоры с одной из иностранных компаний о проведении геологической разведки сланцевого газа сразу на нескольких участках в Беларуси. Среди них одними из самых крупных и наиболее перспективных стали Каменецкий, Шерешевский и Жабиновский участки, площадь каждого из которых — порядка 1 тыс. км². При благоприятных результатах разведки уже можно будет говорить о добыче сланцевого газа и возможной газовой независимости, тем более что с вводом АЭС потребности Беларуси в природном газе заметно снизятся.

ПЕРЕРАБОТКА ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ

Коврик И.И.

Барановичский филиал ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ»

В качестве сырья для теплоэнергетики и химической промышленности в основном используются нефть и природный газ. Но в связи с вы-

сокой стоимостью и исчерпаемостью традиционных видов углеводородов, а также их отсутствием (в промышленных масштабах) на территории

Беларуси, имеет смысл приступить к использованию и переработке других полезных ископаемых, например, горючих сланцев (ГС).

В Беларуси горючие сланцы размещаются на территории Припятского сланцевого бассейна (месторождения Любанское — 0,9 млрд т и Туровское — 2,7 млрд т) на площади около 20 тыс. км². Залегают на глубине от 50 до 600 м и более. Мощность пласта — 0,1—3,7 м.

Горючие сланцы — это твердое полезное ископаемое. Состоит из неорганических (кальцит, доломит, гидрослюда и т. д.) и органических (кероген) соединений. Качественная характеристика ГС: влажность — 2,3 %; зольность — 61–82 %; содержание органического вещества — 10–30 %; выход смолы — 5–14 %; содержание серы — 2,5 %; теплота сгорания — 4190–6700 кДж/кг. Выход продуктов полукоксования (в расчете на сухой сланец): смолы — 7,8–9,5 %; горючих газов — 3,7–5,1 %; полукокса — 85 %. Кероген ГС содержит 8–11 % водорода и 66,5–79,7 % углерода, кислород, может дать летучих веществ до 80. Теплота сгорания керогена — 29–37 МДж/кг.

Из-за низкой калорийности и высокой зольности сжигать сланцы в топках теплогенераторов

обычным способом экономически не выгодно. Наиболее эффективными способами переработки горючих сланцев являются термические (пиролизные) технологии, при которых получают жидкие сланцевые масла и газы полукоксования, смолы, полукокк, сланцевую золу. К таким технологиям относятся процессы: «Галотер», «Энефит», «Альберта Тасиук» и т. д.

Сущность пиролизных процессов «Галотер» и «Энефит» состоит в том, что ГС размером 25 мм смешиваются с твердым теплоносителем (зола сланца) температурой 800–850 °С и подаются в печь, где происходит газификация. Полученные пары охлаждаются и конденсируются.

Вовлечение ресурсов белорусских горючих сланцев в промышленное освоение вполне целесообразно с применением технологии пиролиза в подвижном слое с твердым теплоносителем, позволяющей получать высококалорийное жидкое топливо и газообразные энергоносители при условиях:

- экономической обоснованности проведения таких работ;
- полной утилизации образующихся отходов;
- обеспечения экологической безопасности окружающей среды.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОГЕНЕРАЦИИ

*Бодэ И., Поле С., Лаубе П.
г. Рига, АО «Латвияс Газе»*

В целях экономии первичных энергоресурсов государства Европейского союза предпринимают необходимые шаги для внедрения инновационных технологий. Более эффективное производство энергии экономит первичные энергоресурсы, финансы и уменьшает вредные выбросы в окружающую среду. В процессе когенерации производится тепло, которое используется в отопительных системах как для горячего водоснаб-

жения, так и для производства пара, которое используется в системах охлаждения. Когенерация осуществляется с использованием двигателей внутреннего сгорания, паровых и газовых турбин, топливных элементов, микротурбин. Количество электроэнергии, произведенной в Латвии на когенерационных станциях, в 2016 году составило 3 767,4 ГВтч, что составляет 59 % от общего объема произведенной электроэнергии.

Таблица 1

Характеристики работы когенерационных станций в 2016 году

Установленная электр. мощн.	Колич. станций	Общая электр. мощн., МВт	Выработка электр., ГВтч	Произведенная теплоэнт., ГВтч
до 0,2 МВт	22	3,0	16,4	39,6
от 0,2 до 0,5 МВт	33	10,7	60,3	104,7
от 0,5 до 1 МВт	75	58,5	367,5	627,3
от 1 до 5 МВт	60	135,9	851,1	1 956,6
от 5 до 20 МВт	4	34,2	103,1	147,3
выше 20 МВт	4	1 049,8	2 369,0	3 147,6
Всего	198	1 292,1	3 767,4	6 023,1

В прошлом году в Латвии работало 198 когенерационных станций с общей установленной электрической мощностью 1 292,1 МВт. С 2007 года установленная мощность когенерационных станций удвоилась и по сравнению с 2015 годом выросла на 1 % или на 17,0 МВт. Для производства энергии на когенерационных станциях природный газ используется в качестве основного топлива с общей установленной мощностью 1 147,2 МВт в 2016 году. На этих станциях, потребляющих 878,8 млн м³ природного газа, было произведено 4 135,3 ГВтч теплоэнергии и 2 943,0 ГВтч электроэнергии.

Развивается строительство когенерационных станций с небольшой электрической мощностью. В целях удовлетворения требований к энергоэффективности, а также снижения эксплуатационных расходов было решено установить когенерационную станцию на территории акционерного общества «Латвияс Газе» в Риге на улице Вагону, 20. Для выбора мощности станции рассматривались следующие критерии: время возврата инвестиций, объем произведенной электроэнергии, количество отработанных часов в соответствии с требуемым потреблением энергии, расходы на газ и электроэнергию, расходы на обслуживание. В соответствии с указанными выше критериями была выбрана станция с электрической мощностью 125 кВт и теплоемкостью 189 кВт. Полученная экономия энергоресурсов — 505 МВтч.

Блок микрогенерации подходит для домашних хозяйств (индивидуальных и многоквартирных домов) — возможная электрическая нагрузка

до 50 кВт. В зависимости от тепловой нагрузки микромотор дополняется подходящим высокопроизводительным газовым водонагревателем и при необходимости резервуаром для хранения тепла. Используется также тепло, выделяемое при работе двигателя. Система автоматического управления гарантирует, что устройство генерирует электроэнергию только в том случае, если есть потребность в тепле, общий коэффициент полезного действия — 89 %; эффективность в режиме конденсации 100 %. Производственная мощность электроэнергии предусмотрена небольшая (1 кВт), чтобы покрыть расход нагрузки одного домохозяйства без передачи в общие электросети.

Газовые отопительные установки на территории Латвии установлены в 50 тыс. домохозяйств. Допустимая нагрузка природного газа для одного домохозяйства составляет 6 м³/ч. Бытовая отопительная система работает в среднем 1700 часов в год, установка микрогенерационной установки может обеспечить расход среднего домохозяйства. В Рижском районе с помощью микрогенерации можно производить электроэнергию в объеме 4200 кВтч в год. Предоставление соответствующих инструментов государственной поддержки для установки оборудования микрогенерации в домашних хозяйствах, а также мотивация домашних хозяйств к инвестированию в свою энергетическую независимость могут привести к увеличению производства электроэнергии, что снизит дефицит электроэнергии.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНЪЮНКТУРЫ БЫТОВОГО ГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ, УСТАНОВЛЕННОГО У ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Мицкович М.И., Рачковская Е.Д.
Брестский филиал ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ»

С момента распада СССР на рынок Республики Беларусь пришли многочисленные производители газового оборудования, порой не в полном объеме выполняющие свои обязательства как по качеству поставляемой продукции, так и по сопровождению поступившего на реализацию газового оборудования.

Безусловно, во многом такой ситуации на рынке газового оборудования способствует отсутствие в республике собственных производителей газового оборудования по отдельным видам.

Несмотря на то, что существующая разрешительная система и система сертификации продукции работают достаточно эффективно, пришло время внесения ряда изменений в существующий порядок в сторону ужесточения требований к поставщикам и производителям газового оборудования.

Нами проведено исследование конъюнктуры газового оборудования, установленного у потребителей в Республике Беларусь, а также раз-

работаны конкретные предложения по использованию результатов исследования различными организациями.

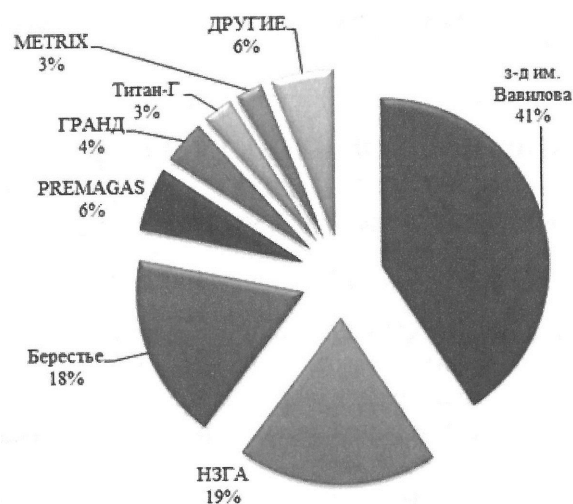


Рис. 1. Приборы учета расхода газа

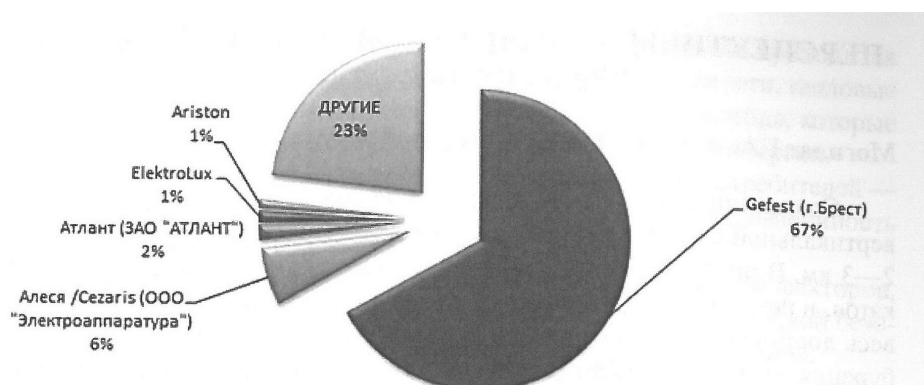


Рис. 2. Приборы для приготовления пищи

В результате проведенной работы были определены наиболее распространенные марки, бренды и производители бытового газового оборудования, установленного у потребителей газа в Республике Беларусь.

Сводные данные приведены на рисунках 1–4.

Предлагаем использовать результаты исследования организациями отрасли:

- ГПО «Белтопгаз» — для использования при разработке НПА, ТНПА, инструкций и т. д.;
- газоснабжающим организациям при планировании закупок и создании складской базы, а также при повышении квалификации рабочих и специалистов на семинарах организаций — изготовителей оборудования;
- филиалам ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ» при разработке программ переподготовки и повышения квалификации специалистов и рабочих; для подготовки преподавателей перед проведением занятий.

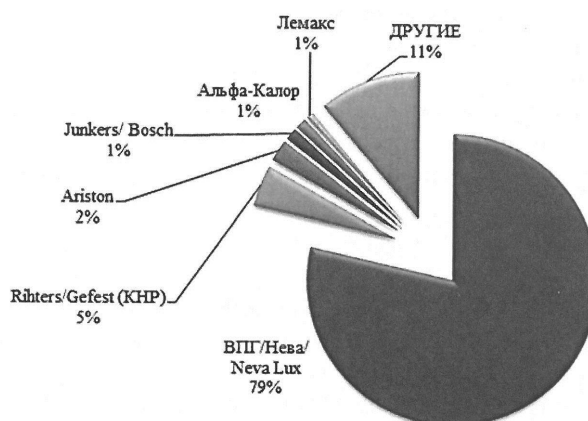


Рис. 3. Проточные газовые водонагреватели

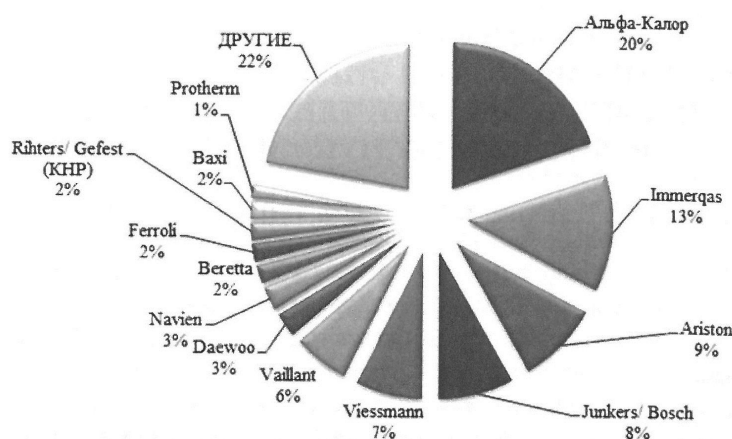


Рис.к 4. Отопительные газовые котлы настенные

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ВЫДЕЛЕНИЮ И СЖИЖЕНИЮ ПРОПАН-БУТАНОВЫХ ФРАКЦИЙ ИЗ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Молодых В.Г., Немцев В.А.

г. Минск, Государственное научное учреждение «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований — Сосны» Национальной академии наук Беларуси

Работа посвящена созданию альтернативных источников получения жидких пропан-бутановых смесей для обеспечения потребностей различных

отраслей хозяйства Республики Беларусь. Таким источником является низкотемпературный процесс конденсации пропан-бутановых фракций

природного газа с последующим их выделением (сепарацией) и низкотемпературной ректификацией конденсата.

Для реализации этого технологического процесса разработана газоразделительная установка. Принцип работы установки базируется на криогенном разделении природного газа с использованием турбодетандерного регенеративного цикла, т. е. используется низкотемпературный процесс конденсации пропан-бутановых фракций природного газа с последующим их выделением (сепарацией) и низкотемпературной ректификацией конденсата. В качестве источника энергии для реализации такого технологического процесса используется перепад давления на газораспределительном пункте (ГРП).

Установка подключается к газопроводам обвязки действующего ГРП параллельно ее регуляторам давления.

Основными элементами установки являются: регенеративные теплообменники, турбодетандер с тормозным компрессором, колонна ректификационная, сепаратор, фильтры, емкость накопительная, система автоматического управления.

Технические характеристики газоразделительной установки:

- расход перерабатываемого (сырьевого) газа — 13,5 тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$;
- давление сырьевого газа на входе в установ-

ку — 1,2 МПа;

- давление на выходе из установки — 0,3 МПа;
- проектная производительность пропан-бутановой смеси — до 870 т/год при содержании пропан-бутановых фракций в газе на входе в установку около 0,5 % об. И степени выделения $\approx 80\%$ (сезонные колебания содержания пропан-бутановых фракций в природном газе изменяются в пределах 0,3–0,5 % об.);
- мощность турбоагрегата — 150 кВт.

Авторами выполнено моделирование и расчетное исследование режимов работы газоразделительной установки (запуск, рабочий режим, плановый и аварийный остановы).

Проведено изучение различных способов регулирования параметров установки на эксплуатационных режимах и определен оптимальный.

Снижение calorificity газа при извлечении пропан-бутановых фракций составляет в среднем 0,7 %.

Анализ расходов имеющихся газораспределительных пунктов показывает, что в республике возможно размещение 40—50 установок, что позволит получить до 45000 т/год.

В случае модернизации установок (увеличение степени выделения до 90—92 %) может быть произведено более 55000 т/год жидкой пропан-бутановой смеси, что существенно сократит затраты на ее импорт.

БИОМАССА В ЭНЕРГЕТИКЕ

Хведькович А.В.

г. Минск, ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ»

Директивой Президента Беларуси № 3 от 14 июня 2007 г. (в ред. Указа Президента Республики Беларусь от 26.01.2016 № 26) определено «максимально возможное вовлечение в топливный баланс страны собственных топливно-энергетических ресурсов, в том числе возобновляемых источников энергии, с учетом экономической и экологической составляющих».

В структуре приоритетных направлений научно-технической деятельности в Республике Беларусь по данному направлению следует отме-

тить следующие критические технологии, касающиеся данной темы:

- повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов;
- получение топлива из бытовых отходов и отходов производства;
- производство электрической и тепловой энергии;
- диверсификация используемых энергоносителей;
- развитие малой и нетрадиционной энергетики;

– создание технологий и оборудования для использования местных видов топлива.

Важной составляющей инновационного развития экономики Республики Беларусь является обеспеченность ресурсами, прежде всего энергетическими, их эффективное использование, а также создание альтернативной энергетики, основанной на возобновляемых источниках энергии, местных видах топлива. В последние годы принят ряд законодательно-правовых актов, направленных на повышение доли получаемой тепловой и электрической энергии за счет собственных топливно-энергетических ресурсов. Использование возобновляемых источников энергии для производства тепловой и электрической энергии является стратегической задачей. Биомасса является наиболее дешевой и распространенной формой возобновляемой энергии.

В настоящее время существует несколько направлений использования биомассы в энергетике. Можно выделить два основных направления преобразования энергии биомассы и других органических отходов в электрическую и тепловую энергию: процессы получения биогаза, процессы сжигания и пиролиза.

Данная статья посвящена способу переработки биомассы методом окислительного пиролиза. Последний имеет ряд преимуществ перед таким способом переработки отходов, как прямое сжигание. Во-первых, реализация пиролиза требует более низких температур (280–300 °С). Причем подвод теплоты необходим только в начальной стадии процесса. Далее процесс сопровождается экзотермическими реакциями. Во-вторых, теплота сгорания получаемого в результате переработки пиролизного газа составляет до 13,3 МДж/кг, что вдвое превышает аналогичный показатель для генераторного газа. В-третьих, возможно получение дополнительного экономического эффекта от реализации коксового остатка.

На кафедре промышленной теплоэнергетики Национальной металлургической академии Украины была создана опытная установка, позво-

ляющая исследовать процесс пиролиза биомассы в потоке горячего воздуха. Опытная установка представляет собой камеру пиролиза, в камеру нагретый воздух подается снизу, проходя через слой керамических колец. Отходы биомассы подаются шнековым питателем из бункера с биомассой. В камере пиролиза организуется спутанное движение отходов биомассы и воздуха. В процессе движения газовой смеси происходят нагрев биомассы и ее частичный пиролиз. Далее эти компоненты направляются в циклон, где происходит разделение газообразной и твердой фаз. Твердые частицы поступают в специальный бункер циклона, в котором в плотном слое происходит дальнейшее выделение летучих компонентов, вплоть до полного разложения. Смесь воздуха с летучими продуктами пиролиза из циклона направляется в камеру сгорания, оборудованную запальником. После сжигания газовой смеси дымовые газы выбрасываются в дымовую трубу.

При газификации твердого топлива в газовую фазу переходит до 80 % органической части топлива. Из-за нечувствительности к качеству сырья и наличию балластов (минеральных примесей и влаги) метод газификации находит широкое применение для переработки низкосортных видов топлива. Кроме того, полученное газообразное топливо при сжигании выделяет значительно меньшее количество вредных веществ, нежели при прямом сжигании твердого топлива.

Преимущества технологии газификации: низкий уровень негативного воздействия на окружающую среду; образование гораздо меньших объемов газов, подлежащих очистке; в результате более полного сгорания газообразного топлива образуется значительно меньшее количество вредных для окружающей среды химических соединений (как в дымовых газах, так и в зольном остатке).

Эффективность газификации достигает 85–90 %. Благодаря этому, а также удобству применения газа, газификация является более эффективным и чистым процессом, чем сжигание.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ЛАТВИИ

*Боде И., Поле С., Лаубе И.
г. Рига, АО «Латвияс Газе»*

Требования по энергоэффективности в Латвии актуальны в связи с введением Директивы 2012/27 / ЕС Европейского парламента.

Ответственными за меры по энергоэффективности являются операторы распределительных систем или розничные торговцы энергии. В настоящее время осуществление таких мер является обязательным для розничного торговца электроэнергией, ежегодный объем продаж электроэнергии которого составляет не менее 10 ГВтч. Объем обязательств ответственной стороны составляет 1,5 % от проданной электроэнергии с аккумулятивным эффектом. Другие коммерсанты могут осуществлять меры по повышению энергоэффективности в рамках добровольного соглашения, которым обязуются обеспечить экономию энергии не менее 10 % в течение прогнозируемого периода (не менее 5 лет) на основании подготовленного плана по энергоэффективности.

Кроме того, государственные и муниципальные власти реализуют меры по осуществлению энергоэффективности для конечного потребителя.

Крупные компании обязаны внедрить систему управления энергопотреблением, или энергетический аудит, в результате анализа потребления энергии должны быть реализованы по крайней мере три мероприятия энергоэффективности с наивысшей оцененной экономией энергии, или экономической отдачей.

Министерство экономики в соответствии с Правилами стандарта для мониторинга энергоэффективности и системы применения управления энергией предусматривает несколько методов расчета экономии энергии:

- метод прогнозируемой экономии — экономия энергии рассчитывается с использованием данных каталога сбережений энергии;
- метод расчетной экономии — экономия энергии рассчитывается путем измерения фактического потребления энергии и с учетом факторов,

которые могут повлиять на потребление энергии;

- метод инженерного расчета — экономия энергии рассчитывается независимыми квалифицированными или аккредитованными экспертами;
- метод опроса потребителей — экономия энергии рассчитывается путем оценки энергетических привычек конечного потребителя.

Министерство экономики разработало в соответствии с вышеприведенными методами каталог энергосберегающих приемов, который включает в себя отдельные меры по улучшению энергоэффективности для достижения экономии энергии.

Используя каталог энергосбережения, компания подсчитала, что в рамках добровольного соглашения для достижения наибольшей экономии объемов и расходов для конечного потребителя могут быть различные информационные меры для коммерческих потребителей и для домохозяйств (информативный текст в счетах, по электронной почте), обучение клиентов в учебном центре компании и т. д. Замена оборудования не является наиболее экономически эффективным решением с точки зрения компании, но путем обучения клиента и содействия расчета выгоды для клиента от использования более эффективного отопительного оборудования, установка системы автоматизации и дистанционное управление ею, а также путем мотивации клиента самостоятельно выполнять меры по повышению энергоэффективности можно добиться преимуществ для обеих сторон: клиент находит выгоду — снижает расходы по потреблению энергии, и компания может достичь плана по достижению экономии почти на 10 % за 5 лет.

Директива 2012/27/EU также устанавливает требования к коммерческим счетчикам и минимальные требования по энергоэффективности к оборудованию, вытекающие из требований директивы, создавая основу для установления требований к экодизайну для продуктов, связанных

с энергетикой: выпуская продукт на рынок, прилагается маркировка CE и выдается декларация соответствия ЕС. Нормативные требования также непосредственно применимы к определенным товарным группам.

В соответствии с новыми условиями товарообмена с 26 сентября 2015 года, в Европейском союзе разрешено продавать котлы на твердом

топливе и коге-нерационные установки электрической мощностью до 50 кВт, только если выполняются соответствующие требования эффективности, уровня шума и теплоизоляции. Начиная с 2015 года для производителей тепла мощностью до 70 кВт введены энергетические этикетки. Маркировка также потребуется для того, чтобы оценить эффективность всей системы отопления.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Бубнов В.П.

г. Минск, ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ»

В настоящее время используются различные виды топлива для получения тепловой энергии: нефть, уголь, газ, ядерное топливо, дерево и др.

К основным показателям эффективности получения тепловой энергии при использовании различных видов топлива можно отнести его цену, складывающуюся из различных технологических процессов, и теплотворную способность (теплоту сгорания); в практике используют низшую теплоту сгорания.

Цена топлива определяется технологическими процессами его добычи, транспортировки, преобразования (сжигания).

Теплотворная способность топлива — это физико-химическая характеристика топлива, которая определяется природными процессами.

Определим, какое количество различного вида топлива необходимо «сжечь» для получения 1000 МДж тепла, используя формулу:

$$V = (1000 / Q_n \eta_k).$$

Учитывая, что процесс передачи тепла от источника тепла к теплоносителю происходит по одним и тем же законам теплообмена, можно принять, что они имеют одинаковую эффективность передачи тепла. Коэффициент эффективности процесса преобразования энергии топлива и ее передачи принимаем $\eta_k = 90\%$ (КПД котла).

При делении 1 г ядерного топлива (урана или плутония) выделяется ~0,95 МВт /сут, или 22 800 кВт ч,

или 19,6 млн ккал тепловой энергии, что эквивалентно 2,8 т у. т.

Учитывая, что современные технологии «сжигания» ядерного топлива в ядерных реакторах не позволяют полностью использовать выделяемую теплоту в процессе ядерного деления, а лишь 10—30 %, в сравнительных расчетах теплотворная способность для ядерного топлива принята 10 % от теоретической (82 ГДж — 100 %. 10 % = 8,2 ГДж = 8,2 · 10³ МДж/г = 8,2 · 10⁶ МДж/кг).

Результаты расчета представлены в табл. 1.

Из анализа результатов таблицы, следует, что наименьший расход топлива при выработке 1000 МДж тепла получается при использовании ядерного топлива, что объясняется высокой теплотворной способностью топлива. Данное обстоятельство позволяет уменьшить транспортные расходы на доставку топлива, а следовательно, и общую стоимость затрат на выработку тепловой энергии.

Исходя из литературных данных, для сравнительных расчетов принята стоимость ядерного топлива 62,5 долл. за кг.

Рассчитанная суммарная стоимость топлива для выработки 1000 МДж тепла приведена в таблице 1.

Из анализа полученных результатов следует, что наименьшая стоимость топливной составляющей будет при использовании ядерного топлива.

Таблица 1

Расход топлива для получения 1000 МДж
(при КПД преобразования энергии топлива в тепловую 90 %)
и 1000 МВт/с электрической (при КПД КЭС — 40 %, АЭС — 25 %)

Вид топлива	Теплотворная способность, МДж/кг	Расход топлива, кг для получения 1000 МДж тепла	Стоимость единицы топлива по литературным источникам	Суммарная стоимость топлива для выработки 1000 МДж тепла
Твердое топливо				
уголь древесное торф	29,0 8,0÷14,0 10,0÷17,0	38,3 101,1 82,3	113 долл. за т	4,3 долл. за 38,3 кг
Мазут	40,61 МДж/л	27,4	3,9 долл. за л (ρ=1,0)	2,13 долл. за кг
Газообразное топливо				
природный газ сжиженный газ	33,50 МДж/м ³ 50,7 МДж/кг (при ρ=0,7) 45,20 МДж/кг	32,2 м ³ 21,9 кг 24,6 кг	167,6 долл. за тыс. м ³	5,38 долл. за 32,2 м ³ природного газа
Ядерное топливо	82 · 10 ⁹ 10 % = 8,2 · 10 ⁶	135,5 · 10 ⁻⁶ кг = 135,5 · 10 ⁻³ г = 0,1355 г	62,5 д/кг	0,00847 долл. за 0,1355 г

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ / ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ И РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В УП «ВИТЕБСКОБЛГАЗ»

Гончаров С.А., г. Витебск

УП «Витебскоблгаз»

Основным видом деятельности УП «Витебскоблгаз» является безаварийное и бесперебойное снабжение природным и сжиженным газом потребителей на территории Витебской области. Кроме того, в настоящее время торфопроизводствами осуществляется выпуск торфа кипованного, грунтов питательных, кускового торфа, а на сельскохозяйственном производстве производятся молоко, зерно, освоен выпуск комбикорма и элитного зерна на семена.

В результате выполнения мероприятий по энергосбережению целевой показатель за 8 месяцев текущего года составил -3,1 %, при доведен-

ном целевом показателе — -2,8 %.

Одним из направлений в области энергосбережения является использование возобновляемых источников энергии, в частности — солнечной.

В настоящее время на предприятии эксплуатируются три солнечных водонагревательных установки. Эксплуатация установок показала их надежную работу, и в солнечные дни потребность в горячем водоснабжении удовлетворяется полностью. Экономия электроэнергии в ДОЦ «Дружба» за счет ввода в эксплуатацию солнечной водонагревательной установки составляет 1250 кВт·ч в год.

Во втором квартале 2016 года на газораспределительном пункте учебного полигона в п. Новка Витебского района специалистами ЗАО «ИнделКО» была введена в эксплуатацию солнечная электрическая установка мощностью 0,2 кВт. Это позволило всю систему телеметрии ГРП подключить к данной установке. Суточная экономия электроэнергии при этом составила 1 кВт. Солнечная установка снабжена системой АВР (аварийного ввода резерва) и в случае недостаточной энергии солнца автоматически переключается к сети.

На предприятии огромное внимание уделяется внедрению современных инновационных технологий в социальной сфере. Первым представленным объектом стал жилой арендный дом в СХП «Мазоловогаз», оборудованный уникальной автоматизированной системой управления и контроля «Умный дом». Данная система может поддерживать климатические и другие параметры на заданном уровне: температуру, влажность, приток свежего воздуха, контроль за освещением в помещениях. Программирование тепловых процессов существенно снижает расход энергоресурсов, ведь комплексное управление исключает работу нескольких обогревательных приборов одновременно.

«Умный дом» избавляет владельца от беспокойства за свое жилище даже в период продолжительного отсутствия. Вести управление, мониторинг и наблюдение за всеми системами можно с помощью современных средств связи. Кроме того, здесь также установлена солнечная водонагревательная установка. Вырабатываемая тепловая энергия за один солнечный день составляет 14,32 кВт-ч, за период с апреля по сентябрь — до 2620 кВт-ч, за год — 3381 кВт-ч. Данная установка работает в комплексе с газовым отопительным котлом. Водонагревательный бак емкостью 200 л оборудован двумя нагревательными контурами: от солнечного коллектора и газового котла. В летний период за счет энергии солнца полив растений в теплице происходит подогретой водой за счет солнечной водоподогревательной установки, при этом процесс полива (капельный полив) также происходит автоматически по заданной программе. Солнечный водонагревательный коллектор установлен специалистами ОАО «Конструкторское бюро «Дисплей»», г. Витебск. Сама идея и внедрение оборудования с программным обеспечением «Умный дом» принадлежит специалистам производственного управления филиала «Айти-газ» УП «Витебскоблгаз».

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Гриневич И.В.

Витебский филиал ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ»

Специалисты компании «Shell» предполагают, что к 2040 году приблизительно 50 % энергии в мире будет за счет возобновляемых ресурсов (солнечная энергия — одна из них).

В Беларуси с 2009 года работает компания «Солар-Груп», занимающаяся выпуском высокотехнологичных фотоэлектрических преобразователей, которые используются в солнечных батареях. В Гомеле с 2011 года на

заправке «Белорунефть», а затем по всей территории Республики Беларусь установлены на крыше солнечные батареи, они обеспечивают энергией в дневное время.

ООО «Экологическая энергия» в 2013 году

реализовала проект по строительству солнечной электростанции, которая находится на территории Сморгонского района. В регионе работают две электростанции на солнечных батареях в Щучинском районе мощностью до 2 МВт, в Гродненском районе — мощностью до 1 МВт. Энергия используется на предприятиях, в санаториях и оздоровительных лагерях.

Солнечную энергию планируют применять и в автомобильном транспорте. Примером является «Audi», на крыше данного автомобиля предусматривают панорамные тонкопленочные солнечные батареи, что дает возможность преимущества автомобилей на солнечных батареях:

- бесплатная энергия для автомобиля;
- безопасность для окружающей среды;
- новейший дизайн, что позволят разместить батареи не только на крыше автомобиля.

Возобновляемая энергия в частном доме может быть в виде гелиово-донагревателя — это очень эффективная система, не зависит от погоды и климатических условий, потребляет не более 45 Вт (приблизительная стоимость — 3,8 тыс. евро с монтажом; окупаемость ≈ 4 года).

Гелиоводонагреватели используются в Бресте — в детском саду, в Кобринском районе — в оздоровительном лагере (в летний период). Водонагреватель состоит из вакуумных трубок,

расположенных на крыше. Расширительный бак и оборудование расположены в подвальном или полуподвальном помещении (для уменьшения тепловых потерь). Система предназначена для нагрева и аккумулирования воды за счет преобразования солнечного излучения в тепловую энергию. Тепло передается весь день, система нагревает воду и в пасмурную погоду. Солнечные водонагреватели применяются в таких организациях, как: РПУП «Гомельоблгаз»; МПУ «Рогачевмежрайгаз»; РПУ «Калинковичрайгаз»; гелиоводонагреватели: ДОЦ «Дружба» УП «Витебскоблгаз», «Витебскоблавтотранс», ТРУП «Витебское отделение Белорусской железной дороги».

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ СОЦИОГУМАНИТАРНЫХ ДИСЦИПЛИН НА СПЕЦИАЛЬНОСТЯХ ПЕРЕПОДГОТОВКИ

Сплошное С.В.

г. Минск, ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ»

Учебно-программная документация реализуемых в ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ» программ дополнительного образования взрослых предусматривает изучение социально-гуманитарных дисциплин: «Основы идеологии белорусского государства», «Управление персоналом» (повышение квалификации специалистов), «Основы идеологии белорусского государства», «Управление персоналом», «Основы хозяйственного права» (переподготовка специалистов), «Основы идеологии белорусского государства», «Основы профессиональной этики», «Трудовое законодательство», «Основы экологии» (переподготовка и повышение квалификации рабочих). Изучение актуальных вопросов общественно-политической и правовой повестки, основ межличностных отношений позволяет в целом формировать у слушателей необходимые элементы граждан-

ственности и патриотизма, дополнять знания о государственном, политическом, гражданском устройстве общества. Обучающиеся должны получать актуальную информацию о складывающихся тенденциях в социально-экономической, научной, спортивной, культурной сферах.

В то же время при проведении учебных занятий на специальностях переподготовки специалистов следует учитывать наличие у слушателей базовых знаний, поскольку указанные дисциплины входят в перечень обязательных к изучению при получении высшего образования любого профиля, а также предполагать наличие определенного кругозора в общественно-политической сфере, формируемого средствами массовой информации, дискуссиями в трудовых коллективах, семьях. Задачей практикоориентированного преподавания становится не «научить», а предо-

ставить необходимый инструментарий, систему аргументаций и контраргументаций по перечню рассматриваемых вопросов, помочь слушателям чувствовать себя достаточно уверенно в своей собственной мировоззренческой парадигме, вести заинтересованный конструктивный диалог, быть готовым и восприимчивым к происходящим изменениям в экономике и обществе.

Рассматривая актуальные проблемы формирования и развития идеологической парадигмы белорусского государства, вопросы менеджмента персонала, следует исходить из наличия взаимосвязанных интересов и потребностей как органов государственного управления, так и самих граждан. Необходимо оценивать уровень удовлетворенности граждан в качестве важнейшего показателя социально-экономической стабильности государства.

По критериям внутренней удовлетворенности (от выполняемых трудовых функций, вида деятельности) и внешней удовлетворенности (уровень заработной платы и иных доходов) всех граждан можно условно разделить на четыре группы (рис. 1).

В Беларуси к первой группе, как правило, относят себя успешные работники творческих профессий, малого и среднего бизнеса, фрилансеры, работники IT-сферы, то есть те граждане, для которых нет жесткого разделения в схеме «жизнь— работа».



Рис. 1. Удовлетворенность граждан 102

Во второй группе — специалисты всех профессий, впервые получившие работу, а также учителя, врачи, иные профессии, предполагающие выбор сферы деятельности «по призванию». Именно представители данной группы - «энтузиасты» своего дела — могут являться основой при формировании кадрового резерва организации, выдвигаться для работы в органы государственного управления.

В третьей группе — работники крупных предприятий промышленности и АПК, находящихся в трудном финансово-экономическом положении; граждане, которым был повышен возраст оформления пенсии; граждане с комплексом накопившихся жизненных проблем, неспособные к решительным изменениям.

В четвертой группе в нашей стране — значительное число представителей финансово-банковской сферы, чиновники разных уровней, представители других профессий и видов деятельности, которые часто не могут реализовать свои идеи или оценивают возможности своей работы как недостаточные в сравнении с аналогичными профессиями в других странах. В то же время изменение места работы может быть сопряжено с существенными потерями в доходах.

Следует отметить, что, например, в центрально-европейских странах около 80 % опрошенных специалистов относят себя к третьей или четвертой группе. Для них важнее сугубо личные критерии («я», «жизнь», «финансовое благополучие») безотносительно к трудовой деятельности. В развивающихся экономиках генерируется иная ментальность. Энтузиазм граждан, значимость общественных критериев проявляются значительно.

Представители всех этих групп будут присутствовать в учебных аудиториях. Поэтому задача преподавателя сводится к сохранению и активизации творческой активности слушателей, конструктивному дискуссионному изложению возможных перспектив общественно-экономического развития страны. Целесообразно использовать возможности активных форм обучения, прежде всего — деловых игр.

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ САХАРНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Цан В.Н.

г. Могилев, УО «Могилевский государственный университет продовольствия»

На сахарных комбинатах наиболее опасными являются процессы сушки, фасовки и упаковки сахара-песка. На этих стадиях технологии возможны не только загорания, но и взрывы сахарной пыли, которая в больших количества выделяется в сушильном и упаковочном отделениях. В воздуховодах вытяжной вентиляции и в сухих фильтрах концентрации могут быть в пределах взрыва. Кроме того, одежда работников обильно покрывается сахарной пылью и легко воспламеняется.

Особенностью горючих пылей сахарных производств является их способность адсорбировать на поверхности газы и пары; находиться длительное время во взвешенном состоянии; быстрый переход от осевшего состояния во взвешенное; образовывать и накапливать электростатический заряд; самовозгораться и взрываться. Так, например, 25 февраля 2017 года произошел взрыв сахарной пыли в галерее, соединяющей цех упаковки и лифтовую башню на Скидельском сахарном комбинате. Взрыв пылевоздушной смеси деформировал стены, серьезно повредил окна и дверные проемы. Ударная волна была такой силы, что стекла выбило даже в соседних строениях комбината.

В работе приведены результаты определения нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПРП) сахарной пыли, образующейся в отделении фасовки и упаковки. Исследования проводились с учетом влияния на НКПРП дисперсности и состава пыли.

Исследованием установлено, что взрывоопас-

ность сахарной пыли возрастает при уменьшении размеров частиц, составляющих аэрозоль. Частицы сахарной пыли меньшего размера лучше переходят во взвешенное состояние, дольше остаются во взвеси, легче зажигаются и быстрее сгорают. Установлено, что уменьшение размеров частиц приводит к снижению минимальной энергии зажигания, а также к снижению температуры самовоспламенения. Максимальное давление взрыва и скорость его нарастания с уменьшением размеров частиц возрастают. Установлено, что при увеличении размера частиц сахарной пыли от 200 до 2000 мкм приводит к повышению НКПРП. Высокая взрывоопасность сахарной пыли объясняется крайне низкой массовой долей влаги: не более 0,15% — в кристаллическом сахаре и 0,2% — в сахарной пудре; а также содержанием золы — менее 0,05%.

Таким образом, сахарная пыль, образующаяся в отделениях фасовки и упаковки, является взрывоопасной и данное отделение относится к категории Б согласно ТКП 474-2013. Для предотвращения накопления горючей пыли в сахарном производстве целесообразно проводить регулярную механическую уборку помещений; электропроводку прокладывать в металлических герметизированных каналах, светильники, электродвигатели и пусковые приборы применять во взрывобезопасном исполнении, а в местах высокой концентрации пыли устанавливать ловушки для пламени из нержавеющей стали, которые позволяют уменьшить объем выходящих газов.

ТУРБОДЕТАНДЕРНАЯ ГЕНЕРАТОРНАЯ УСТАНОВКА «ТУРБОСФЕРА»

Крицкий Д.И., Кручко А.И.

Гомельский филиал «ГАЗ-ИНСТИТУТ»

Для транспортировки газа компрессорные станции сообщают газу потенциальную энергию повышенного давления, а также кинетическую энергию движения по газопроводу. При понижении давления газа на ГРС и ГРП основная часть этой энергии рассеивается.

В Научно-технологическом парке БНТУ «Политехник» этим вопросом занялась группа под руководством магистра технических наук Левкова К.Л. Для эффективного использования перепада давления газа ими была разработана турбогенераторная установка «ТурбоСфера».

«ТурбоСфера» устанавливается параллельно регулятору давления газа на ГРС или ГРП. Предназначена для получения электроэнергии при снижении избыточного давления газа, может быть использована для утилизации давления попутного нефтяного и других газов.

«ТурбоСфера» обладает малыми размерами, способна работать на входном давлении газа от 0,3 МПа и расходе газа от 500 м³/ч, вырабатывая электроэнергию от 15 кВт. Полученная электроэнергия может использоваться для электроснабжения станции катодной защиты, работы телеметрии и контрольно-измерительных приборов, а также для электрического освещения. Вместе с этим исчезают капитальные затраты на строительство линий электропередач и гелиоустановок для ГРС или ГРП.

Внутри «ТурбоСферы» размещены турбина, электрогенератор и теплообменник.

Турбогенераторная установка имеет одно рабочее колесо, на котором происходит многоступенчатое расширение потока газа. Расширяясь, газ охлаждается на некоторую температуру, а в теплообменнике между ступенями его нагревают на такую же температуру. Такой процесс приближается к изотермическому, при котором возможно получение максимальной работы, а следовательно, и максимальной эффективности. Тепловая энергия подводится многоступенчато, что позволяет нагревать поток газа не сразу, а постепенно. Поэтому достаточно низкотемпературного теплоносителя, это может быть даже холодная водопроводная вода с температурой от 10 °С.

«ТурбоСфера» позволяет применять буквально любое низкопотенциальное сбросное тепло, имеющееся на любом заводе. Такое использование «ТурбоСферы» позволяет успешно применять вторичные энергетические ресурсы заводов.

«ТурбоСфера» также может использоваться в паровых котельных в качестве редуционно-охладительной установки для дросселирования водяного пара и значительно сокращать потребление электроэнергии на собственные нужды.

«ТурбоСфера» позволяет получить электроэнергию при снижении давления газа на ГРП и ГРС, что обеспечивает полную автономность ГРП и ГРС без дополнительного сжигания топлива, что, в свою очередь, обеспечивает экологически чистый процесс.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП В КАЧЕСТВЕ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Литвинова Н.В.

Брестский филиал ГИПК «ГАЗ-ИНСТИТУТ»

Успех повышения эффективности зависит как минимум от двух факторов — снижения затрат на осуществление производственного процесса и повышения производительности труда работников. Одной из явных, не требующих доказательства мер по снижению затрат на производство продукции, работ, услуг является меньший расход электроэнергии и, как следствие, уменьшение финансовых расходов на ее оплату.

С другой стороны, одним из факторов повышения производительности труда является улучшение условий труда. В этом случае одним из весомых компонентов такого улучшения считается применение инновационных разработок и технических устройств, к примеру, улучшение качества освещения рабочей зоны.

ТКП 45-2.04-153-2009 (02250) «Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования» до 2015 года предусматривал использовать, как правило, наиболее экономичные разрядные лампы. С 2015 года изменениями предусмотрено использование, кроме указанных, светодиодных источников света, отдавая предпочтение при равной мощности источникам света с наибольшей световой отдачей и сроком службы.

В данной статье приведена сравнительная характеристика ламп накаливания, люминесцентных и светодиодных ламп, рассмотрено влияние качества освещения на работоспособность человека, а также предложен упрощенный расчет экономической эффективности от замены источников освещения на светодиодные.

Таблица 1

Расчет финансовой выгоды от замены лампы накаливания,
люминесцентной лампы на светодиодную лампу

Параметр	Лампа накаливания	Люминесцентная лампа	Светодиодная лампа
Мощность, Вт	100	25	12
Срок службы, ч	1000	12000	50000
Стоимость лампы, руб	1	8	12
Количество замен за 50000 ч	50	4	1
Потребляемая мощность за срок службы, кВт	100	300	600
Стоимость по тарифу 0,1188 руб./кВт за срок службы, руб.	11,88	35,64	71,28
Затраты на электроэнергию за 50000 ч, руб.	594	142,56	71,28
Стоимость ламп с учетом количества замен за 50000 ч, руб.	50	32	12
Стоимость общих затрат	644	174,56	83,28

Лампа накаливания светится благодаря сильному нагреванию нити. Из всей потребляемой мощности около 20 % уходит непосредственно на освещение, а 80 % — на нагрев.

Люминесцентная лампа характеризуется высокими КПД и светоотдачей. Не представляет опасности возгорания, в отличие от ламп накаливания. Сложна в утилизации, так как содержит пары ртути.

Светодиодная лампа — новое поколение источников искусственного света. В этой лампе используется совершенно иная система: полупроводник, который светится под воздействием силы тока.

На данный момент светодиодная лампа наиболее перспективна. Высокая стоимость этих ламп прекрасно компенсируется их долгим сро-

ком службы. Светодиодные лампы не мерцают, не проявляют пульсации светового потока даже спустя несколько лет применения.

Использование светодиодов не только существенно экономит ресурсы, но и не вредит здоровью работников на производстве (таблица 1).

Светодиоды возможно устанавливать в термочувствительных зонах, где не подойдут другие источники света ввиду их нагрева и угрозы пожара.

Учитывая приведенный расчет, а также такие факторы, как улучшение качества освещения рабочих зон, безопасная и бесплатная утилизация светодиодных ламп, можно уверенно согласиться с действительной эффективностью использования светодиодных ламп.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТРУДОВЫХ И ГРАЖДАНСКО-ПРАВОВЫХ ОТНОШЕНИЙ

Матюк А.Н.

г. Гомель, Гомельское областное управление Департамента государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь

В настоящее время достаточно распространенной является практика подмены трудовых отношений гражданско-правовыми. Особенно часто применяется заключение гражданско-правового договора (ГПД) на так называемый срок предварительного испытания. Существует мнение о том, что ГПД гораздо удобнее и выгоднее трудового договора для обеих сторон.

На практике встречаются ситуации, когда работник сам предпочитает, чтобы его отношения с работодателем были облечены в гражданско-правовую форму. Однако в большинстве случаев именно наниматель выступает инициатором подмены трудовых отношений гражданско-правовыми. С точки зрения нанимателя, последняя форма имеет ряд преимуществ.

Так, процедура документального оформления гражданско-правовых отношений гораздо проще: нет необходимости в корректировке штатного

расписания, издании приказа о приеме на работу, ведении личного дела сотрудника, не нужно принимать от него и хранить трудовую книжку. В таких отношениях, как правило, достаточно одного правоустанавливающего документа — договора.

Трудовой договор с работником может быть расторгнут только в случаях и порядке, установленных Трудовым кодексом Республики Беларусь (ТК), в то время как процедура расторжения ГПД значительно проще.

Наиболее важно то, что при заключении ГПД наниматель не несет обязанности по предоставлению работнику социальных гарантий: социальных и трудовых отпусков, сохранение рабочего места в случаях, предусмотренных законодательством, соблюдение требований о регулярной и своевременной выплате заработной платы, оплата сверхурочных работ и командировочных расходов, так называемый социальный пакет, —

предусмотренных для штатных сотрудников коллективным договором или нанимателем, выплату выходного пособия при увольнении и др.

Многое из того, что «приобретает» наниматель при замене трудовых отношений гражданско-правовыми, теряет работник. Так, соглашаясь на предложение нанимателя вместо включения в трудовой договор условия об испытательном сроке заключить договор подряда на 3 месяца, далеко не каждый гражданин осознает, что в отпуск он сможет уйти не по истечении 6 месяцев, как это установлено ст. 166 ТК, а лишь отработав у данного нанимателя 9 месяцев. Не говоря уже о том, что за 3 месяца работы по договору подряда, которыми был заменен срок предварительного испытания, «отпусковых» он не получит.

Для гражданина может быть важным и то, что срок, отработанный им по ГПД, не засчитается в стаж работы по специальности.

Среди недостатков ГПД с точки зрения работодателя можно отметить такие, как невозможность привлечения работника к дисциплинарной ответственности за несоблюдение правил внутреннего трудового распорядка, невозможность проведения оперативного контроля над деятельностью работника.

Данные обстоятельства для работника являются плюсом.

Нанимателям следует учитывать еще один немаловажный фактор: существующие (существовавшие) между сторонами гражданско-правовые отношения в судебном порядке могут быть переквалифицированы в трудовые. Так, работник в целях защиты своих интересов может обратиться в суд с соответствующим заявлением.

Доказательствами того, что в реальности имели место не гражданско-правовые, а именно трудовые отношения, могут послужить: неграмотные формулировки ГПД (к примеру, «обязуется выполнять работу бухгалтера») и употребление в договоре терминологии, присущей исключительно трудовым отношениям («наниматель» и «работник» вместо «заказчик» и «подрядчик» или «исполнитель»; «заработная плата» вместо «вознаграждение за выполненную работу (оказанные услуги)» и т. п.); запись о работе по ГПД в трудовую книжку работника; наличие в штатном расписании соответствующей штатной единицы; явные подтверждения того, что гражданин, работая по ГПД, был вынужден выполнять требования работодателя о соблюдении правил внутреннего трудового распорядка и др.

Удовлетворение судом исковых требований гражданина может повлечь не только обязанность нанимателя по выплате причитающихся денежных сумм (к примеру, среднего заработка за время отпуска), но и восстановление работника на прежнем рабочем месте.

Подводя итог, отметим, что заключение организациями ГПД с гражданами в некоторых случаях вполне оправдано и порой может являться единственным выходом из сложившегося положения: ремонт офиса, разработка рекламных материалов и др. Однако если обстоятельства требуют наличия между сторонами реальных трудовых отношений, не стоит подменять их гражданско-правовыми, создавая тем самым опасность возникновения проблем в будущем. Это особенно актуально, если в результате такой подмены происходит ущемление интересов одной из сторон отношений.

ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТ

Пашкевич В.Н., Прокопеня А.Н.

ОАО «Приборостроительный завод Оптрон»

Электротранспорт — вид транспорта, использующий в качестве источника энергии электричество, а в приводе используется — тяговый электродвигатель. Его основными преимуществами перед транспортом с двигателями внешнего или внутреннего сгорания являются более высокая производительность и экологичность.

На сегодняшний день, индивидуальный электротранспорт – это:

1. Транспорт на электротяге, т.е. «электрический», появился давно, но в последнее время приобрел массовую популярность среди других видов наземного транспорта.

2. Электрический транспорт не создает вредных выбросов в атмосферу, т.е. экологичный!

3. «Персональный» т.е. доступный каждому по своим характеристикам и функционалу, как в управлении, так и в эксплуатации.

В наш век технологического и инновационного прогресса, появление электрического персонального транспорта – явление закономерное. Электротранспорт сейчас это: электровелосипед, электросамокат, моноколесо, сигвей, гиросикл, гироскутер, электроскутер, электробайк т.е. множество видов и подвидов гаджетов, позволяющих перемещаться быстро и с комфортом из точки А в точку Б.

Среди множества персонального электрического транспорта можно выделить несколько основных групп, таких как электровелосипед, электросамокат и моноколесо – на наш взгляд основные позиции по функциональности и месту использования.

Например электровелосипед он же велогибрид, а так же эко-байк как принято его называть в Европе, где он повсеместно распространен и применяется как транспорт в городе так и за городом на даче.

Электросамокат же более «парковый» вариант и городской, хотя и его можно брать на дачу т.е. такой переходной вариант, нечто среднее по

функционалу между электровелосипедом и моноколесом.

Моноколесо – это городской вид электротранспорта. Хотя есть и сторонники того, что моноколесо можно использовать и за городом, но это исключение доказывающее правило.

В 1888 году Джон Данлоп изобрёл пневматические шины, что значительно повысило комфорт и безопасность езды, сделав велосипед одним из самых популярных средств передвижения. Дальнейшее развитие идеи связано с прогрессом в области электротехники. С 1890 сразу несколькими патентами была защищена конструкция электрического привода, устанавливаемого на велосипеде. Так, патент США (1895 год) описывает устройство велосипеда оснащенного электродвигателем постоянного тока. В 1899 году Джон Шнепф разработал модель привода заднего колеса.

Второе рождение электровелосипеда произошло в 1994 году, когда японская компания «Ямаха» начала выпуск нового велосипеда с дополнительным электроприводом, а сейчас конструкторы фирмы разрабатывают модели электровелосипедов уже нового поколения.

Электровелосипед имеет огромный потенциал и ряд преимуществ в сравнении с другими механизированными транспортными средствами (ТС):

– сверхнизкая стоимость эксплуатации (стоимость электричества для зарядки батареи (которого вполне хватает на дневной деловой пробег в городе) ~1,5–3 рубля);

– наиболее быстрое передвижение в условиях большого города (пробки, ограничения, накладываемые на движение транспорта – в случае необходимости велосипедист может пройти или проехать там, где движение других ТС запрещено: тротуары, переходные переходы, при большом желании даже проехать в метро);

– отсутствие проблем с ночной и зимней (для

тех, кто не ездит зимой) стоянкой – велосипед храниться дома / на лестничной клетке;

– крайняя простота управления;

– надёжность и простота конструкции, как следствие почти полное отсутствие необходимости в ремонте и обслуживании.

Основными недостатками являются: отсутствие зарядных станций, ограниченный запас хода, несовершенство тяжелых аккумуляторов.

На данный момент в Республике Беларусь отсутствуют предприятия, специализирующиеся на серийном производстве персонального электротранспорта (ПЭТС). Данный вид изделий импортируется преимущественно из КНР и стран Евросоюза. Тем самым организация такого производства представляет собой освоение новой для нашей страны отрасли и рыночной ниши, что является положительным фактором экономического роста. А реализация данного проекта на предприятии, входящем в структуру НАН Беларуси, значительно расширяет возможности научно-технического обеспечения производства за счет привлечения к решению возникающих задач ведущих специалистов профильных научных организаций.

На первоначальном этапе реализации проекта планируется наладить выпуск самостоятельной продукции (мотор-колесо, блок управления), предназначенной для модификации велосипедной техники как уже эксплуатируемой, так и вновь созданной. Это позволит потребителям самостоятельно модифицировать используемые в быту классические велосипеды в электровелосипеды, а также создать дополнительно сеть соответствующего сервисного обслуживания и дополнительные рабочие места. Перспективный рынок спроса на подобную продукцию достаточно большой – в Беларуси ежегодный объем продаж велосипедов составляет около 100 тыс. штук. При этом прирост продажи велотехники в нашей стране ежегодно увеличивается в среднем на 10–15 %. По статистике, только в г. Минске в настоящее время используется более 400 тыс. велосипедов.

Вторым этапом реализации проекта является разработка и освоение производства широкой линейки электровелосипедов, учитывающих специфические условия использования продукции (городская, сельская местность, погодные условия) и особенности целевых групп (физиологические особенности представителей спроса – вес, возраст и т.д.; цели использования – для передвижения по городу и (или) сельской местности; многофункциональное использование. На данном этапе проекта планируется создать высокотехнологичный производственный участок, оснащенный гибкими технологическими линиями, основанными на использовании высокоточного оборудования с числовым программным управлением. Что в свою очередь позволит организовать в стране серийное производство конкурентоспособной импортозамещающей инновационной продукции.

Также в рамках проекта на базе ОАО «Приборостроительный завод Оптрон» планируется организовать участок по производству современных накопителей энергии для индивидуального электротранспорта. Что позволит полностью отказаться от импорта дорогостоящих аналогов накопителей энергии и снизить конечную стоимость ИЭТ.

Реализация данного проекта должна принести положительные социальные, экономические и экологические последствия. В результате выполнения данного проекта будет создан модельный ряд персональных электрических транспортных средств. ПЭТС не загрязняют воздух выхлопными газами, обладают низким уровнем производимого шума. В час пик на электровелосипедах можно в два раза быстрее добраться до необходимого места. Таким образом использование персональных электрических транспортных средств может решить и проблему, касающуюся трафика. Широкое распространение таких средств в городах и сельской местности благоприятно скажется на экологической обстановке окружающей среды в Республике Беларусь.

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ АВАРИЙ НА ЛЭП С ПОМОЩЬЮ ЗАПАТЕНТОВАННЫХ УСТРОЙСТВ

А.А. Фарино, аспирант БНТУ, м.т.н.

А.Э. Павлович, патентный поверенный, к.т.н.

Известно, что часто внутрисистемные аварии на линиях электропередач происходят в основном или в результате образования гололёдно-изморозевых отложений на проводах, или/и в результате нахождения на них птиц.

Перед нами ставилась задача проанализировать современные решения по устранению этих причин и создать собственные технические решения.

В результате были выявлены запатентованные сравнительно недавно методы в этой области, где описаны различные устройства оригинальных конструкций.

Наиболее эффективным по разрушению гололёдно-изморозевых образований на проводах является устройство [1], содержащее установленные на проводах витые цилиндрические пружины и аэродинамические элементы с асимметрическими грузами. Данная конструкция обеспечивает продольно-поперечные колебательные движения и повышает процент ликвидации гололёдно-изморозевых образований на проводах (до 50 %).

Наиболее эффективным для защиты птиц от поражения электрическим током и защиты ЛЭП от короткого замыкания является устройство [2], устанавливаемое сверху мест прикрепления одного из электрических проводов к подвесным изоляторам. Оно представляет собой изготовленный из диэлектрика продолговатый кожух, выполненный с обеспечением размещения в нем части прикрепляемого к изолятору провода и/или, по меньшей мере, части элемента крепления провода к изолятору. Причем кожух выполнен открытым снизу и содержит сверху в средней части отверстие, обеспечивающее

возможность пропускания через него нижнего оконцевателя изолятора и/или, по меньшей мере, части элемента крепления провода к изолятору.

Однако, несмотря на простоту конструкций и эффективность применимости, данные устройства недостаточно надежны.

Были разработаны и в последствие запатентованы более надежные наши устройства [3 и 4].

Устройство [3] ультразвуковой ликвидации гололёдно-изморозевых образований на проводах предназначено для применения на ЛЭП, смонтированной (рис. 1) на опорах 1 и содержит грозозащитный трос 2, подвесную изоляцию 3 на линейных проводах 4 с соединительными шлейфами 5, ультразвуковыми преобразователями 6, выполненными магнитострикционными или пьезокерамическими и с высокочастотными заградителями 7.

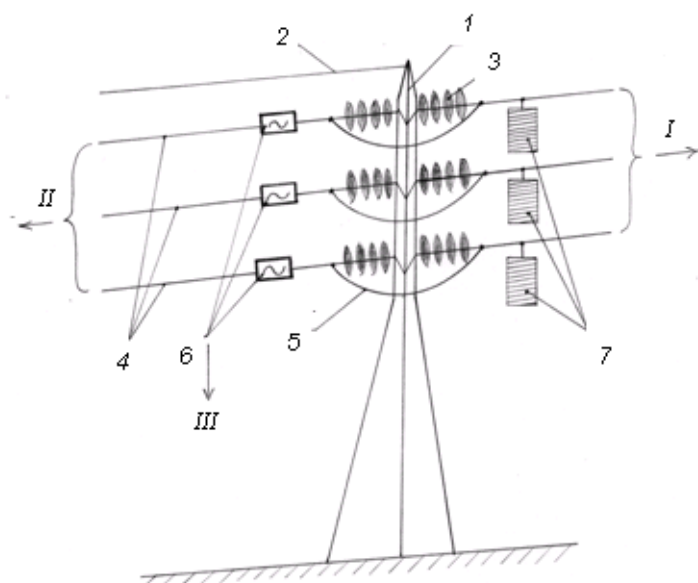


Рис. 1. Применение устройства [3] на ЛЭП

Линейные провода 4 образуют с обеих сторон от опоры 1 первый и второй линейные тракты (I и II), идущие на оборудование управления (не показано) соответственно первой и второй подстанций через соответствующие шины 8, 9 (рис. 2). Ультразвуковые преобразователи 6 (рис. 1) относятся к системе аппаратуры присоединения ультразвукового тракта, сочленённой с системой блоков аппаратуры управления и обработки информации.

Работа устройства [3] основана на параллельном использовании существующего канала высокочастотной связи по воздушной линии электропередач с первым и вторым линейными трактами I, II. Моделируемый высокочастотным преобразователем речи, обработанный и преобразованный речевой сигнал через систему блоков аппаратуры управления и обработки информации передаётся на высоковольтные провода линейного тракта. Далее по линейным проводам 4 уплотнённые радиосигналы принимаются в конце линии и преобразуются в слышимые человеческим ухом звуки. Для отделения высокочастотного канала связи от высоковольтного оборудования подстанций и с целью снижения шунтирующего действия высоковольтных элементов на фазные провода воздушной линии электропередач со стороны этих подстанций служат высокочастотные заградители, использование которых снижает затухание передаваемых радио и ультразвуковых сигналов.

Для исключения влияния грозových перенапряжений на фильтр присоединения в системе блоков аппаратуры управления и обработки информации рекомендуется применять параллельно подключенный вентильный разрядник и заземляющий нож.

Известно, что частотный диапазон высокочастотного канала связи на воздушных линиях электропередач находится в пределах диапазона 16...1000 кГц. Также известно, что резонансная частота кристаллической решётки льда составляет 22 кГц. В образовавшемся слое гололёдно-изморозевых образований под воздействием резонансных ультразвуковых колебаний образуются микротрещины, которые накапливаясь, приводят к разрушению имевшихся отложений гололёда на проводах. Поэтому ультразвуковое воздействие с частотой, равной 22 кГц будет разрушать их, так как резонансная частота кристаллической решётки льда будет находиться в диапазоне частот высокочастотного канала связи воздушной линии электропередач.

Используя упомянутое совпадение частот, по описанному выше каналу высокочастотной связи можно параллельно передавать ультразвуковые волны и с их помощью дробить гололёд на линейных проводах 4.

Для этого применяемый в системе ультразвуковой генератор имеет регулируемые пределы мощности от 2 до 6 кВт и способен разрушать гололёдно-изморозевые образования различной величины.

По команде со станции диспетчерского телеуправления, ультразвуковой генератор вырабатывает ультразвуковые электромагнитные волны с частотой, равной 22 кГц.

Ультразвуковые волны требуемой частоты и мощности через разделительный фильтр по высокочастотному кабелю подаются на фильтр присоединения, а далее – на конденсатор связи. Затем образовавшаяся электромагнитная ультразвуковая волна, проходя через ультразвуковой преобразователь 6, преобразуется в механические колебательные импульсы резонансной ультразвуковой частоты ледяной кристаллической решетки.

Далее высокочастотные механические колебания при помощи жёстко-закрепленных на линейных проводах 4 множества ультразвуковых излучателей-волноводов 6, передаются на линейный тракт II. В результате механические колебательные движения с частотой 22 кГц различной мощности (2-6 кВт) возбуждают резонансные колебания в гололёдных образованиях на линейных проводах 4 и тем самым быстро разрушают гололёдно-изморозевые образования на всех участках их появления в воздушной линии электропередач.

Для отключения ультразвукового канала на весенне-летний период используют блок управления коммутационным аппаратом ультразвукового тракта, с применением для этого станции диспетчерского телеуправления. Такое отключение ультразвукового канала на подстанциях через их шины в весенне-летний период позволяет снизить воздействие грозových перенапряжений на большинство элементов устройства [3].

Его применение позволит улучшить технические и экономические показатели эксплуатации ЛЭП, повысить их надёжность и безопасность, произвести снижение энергетических затрат на их функционирование и обеспечить использование устройства в автоматизированных системах управления на протяженных участках.

Второе запатентованное устройство [4], отпугивающее птиц, является широкополосной гене-

рирующей установкой электромагнитных волн. Оно содержит (рис. 2) источник питания 1, в качестве которого применен статический электрический аппарат, понижающий напряжение от величины «фазного» ЛЭП до уровня рабочего напряжения блока питания 2. Последний соединен с блоком управления 3, который соединен с астрономическим реле времени 4, выполненным, например, цифровым, а также соединен с датчиком 5, фиксирующим движение птиц, с узлом тестирования 6 блока управления 3 и с излучателем электромагнитных волн 7.

Излучатель электромагнитных волн 7 выполнен в виде широкополосного моделирующего генератора электромагнитных волновых колебаний, спектр действия которых рассчитан на слуховую и зрительную чувствительность популяции птиц, например, белых аистов.

Определенное количество таких устройств может быть установлено на проблемных участках ЛЭП, состоящей (рис. 3) из опор 8, подвесных изоляторов 9, поддерживающих электрические провода 10. На подвесной цепи 11 расположен нижний корпус 12, в котором размещены источник питания 1 и блок питания 2 (рис. 2).

На кронштейне 13 (рис. 3) к опоре 8 прикреплен верхний корпус 14. В нем размещены астрономическое реле времени 4 и датчик 5 (рис. 2), фиксирующий движение птиц.

Непосредственно к опоре 1 прикреплен излучатель электромагнитных волн 7. Узел его тестирования 6 (рис. 2) может быть расположен или вместе с ним, или в корпусах 12, 13 (не показано). Многожильными кабелями 15 (рис.3) излучатель электромагнитных волн 7 соединен с расположенными в корпусах 12, 13 астрономическим реле времени 4 (рис. 2), с датчиком 5, фиксирующим движение птиц и с узлом тестирования 6 блока управления 3.

При приближении птицы на расстоянии менее пяти метров к опоре 4 (рис. 2) ЛЭП с электрическими проводами 10, устройство включается в работу и воздействием широкого спектра волновых колебаний на нервную систему птицы, отпугивает их. Тем самым защищается воздушная ЛЭП от

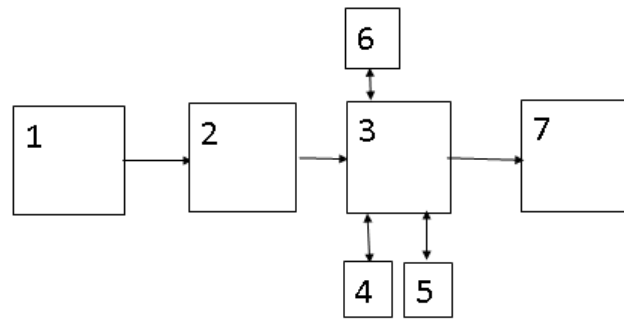


Рис. 2. Блок-схема устройства [4]

аварийного отключения. Продолжительность работы излучателя электромагнитных волн составляет 1-2 минуты с момента срабатывания датчика, фиксирующего движение птиц 5 (рис. 2).

Период миграции (гнездование и отлет птиц) – около 6 месяцев. Поэтому такой промежуток времени работы устройства можно регулировать его астрономическим реле времени 4, размещенным в верхнем корпусе 14 (рис. 3).

В осенне-зимний период устройство, отпугивающее птиц, автоматически переводится в резервное состояние. Как правило, электрическая схема питания излучателя электромагнитных волн 7 (рис. 2 и 3) рассчитана на напряжение 0,22 кВ. Обеспечить такой уровень напряжения позволяет размещенный в нижнем корпусе 12 (рис. 3) ис-

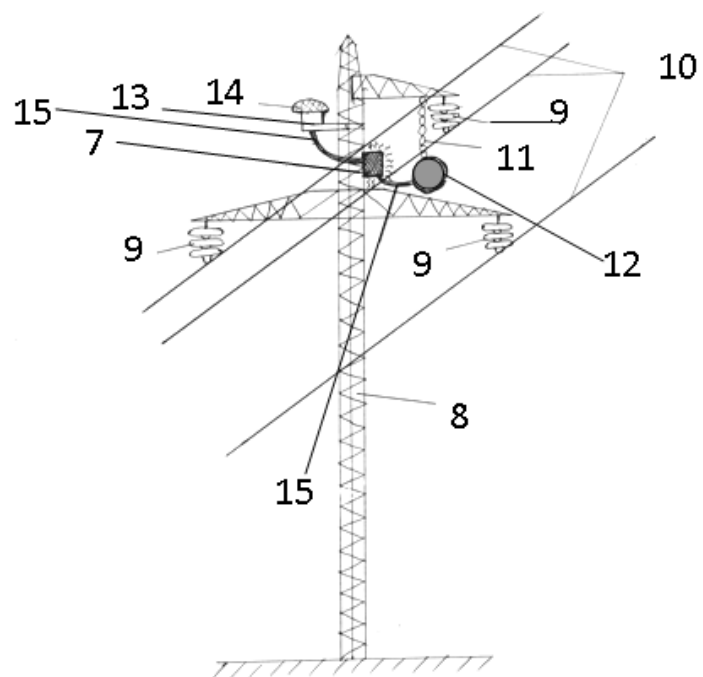


Рис. 3. Расположение устройства [4] на ЛЭП

точник питания 1 (рис. 1), выполненный в виде статического электрического аппарата, установленного на опоре 8 (рис. 3) и понижающего напряжение от линейного воздушной ЛЭП до рабочего напряжения блока питания 2 (рис. 2) и блока управления 3.

Управляет таким процессом включения-отключения блок управления 3 через датчик 5, фиксирующий движение птиц и астрономическое реле времени 4. Для контроля исправности устройства, отпугивающего птиц, в ЛЭП включают узел тестирования блока управления 3, который может подавать сигнал в диспетчерский пункт через различные каналы связи, например, типа GSM.

Источники информации:

1. Патент RU 2510114 C1, МПК H02G 7/16, приоритет 20.07.2012, опубликован 20.03.2014.
2. Патент RU 132606U, МПК H01B17/02, приоритет 04.04.2013, опубликован 20.09.2013
3. Патент BY11388 U, МПК H02G 17/02, приоритет 23.11.2016, опубликован 28.01.2017
4. Патент BY10947U, МПК H01B17/52, приоритет 26.08.2015, опубликован 30.10.2015

Излучатель электромагнитных волн 7, выполненный в виде широкополосного моделирующего генератора электромагнитных волновых колебаний, работает в частотном диапазоне от дециметрового до оптического с небольшим числом излучателей волновых колебаний 7.

В целом формируется комплексное воздействие на птиц и их гнездовья электромагнитными колебаниями в режиме модулированной широкополосной или шумовой генерации с обеспечением безопасного для людей отпугивающего воздействия на птиц.

Таким образом, применение запатентованных устройств [3 и 4] позволит повысить надёжность электроснабжения потребителей через ЛЭП.