

# ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ОБЛАСТИ

---

---

## РАЗВИТИЕ БИОЭНЕРГЕТИКИ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

**Аверкин Н.С., студент,  
Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доц.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Белгородская область ищет альтернативные источники энергии, поскольку является «энергодефицитной». Здесь ежегодно потребляется почти 400 млрд. кВт ч, из них на территории региона вырабатывается не более 8%.

«Необходимо активизировать альтернативную энергетику. Меры ее поддержки уже приняты на Украине и в Беларуси, но не в Российской Федерации. В первую очередь нас интересует биогаз», – сообщил губернатор Белгородской области Евгений Савченко.

В условиях Белгородской области особенно перспективным направлением альтернативной энергетики является переработка отходов агропромышленного комплекса в биогаз, электрическую и тепловую энергию. Биоэнергетического потенциала региона достаточно для обеспечения потребности в электроэнергии 75% населения.

Биоэнергетика – наиболее перспективный вид возобновляемых источников энергии в России, обладающей огромным потенциалом использования отходов сельского хозяйства, лесопереработки, пищевой промышленности и городских очистных сооружений.

Преимущества:

- доступность сырья;
- очень низкие топливные затраты;
- территориальная гибкость;
- несколько видов конечной продукции (тепло, электроэнергия, сжиженный газ, удобрения, чистая вода, углекислый газ)

- решение проблем утилизации органических отходов.

Недостатки:

- большие капитальные затраты;
- малая рентабельность проектов

Значительно сократить сроки окупаемости проектов может использование биогазового комплекса как центра полной утилизации органических отходов, которые стали значительной статьей расходов предприятий агрокомплекса и пищевой промышленности.

Доходный путь решения проблемы отходов предприятия отличается комплексным подходом. Биогазовые установки в первую очередь должны представлять собой центр полной переработки органических отходов с получением чистой воды и комплексных микробиологических удобрений, а также должны являться автономным источником тепло- и электроэнергии.

На территории Белгородской области пущена в эксплуатацию промышленная биогазовая станция «Байцуры» Грузечанского сельского округа Борисовского района, принципиальная схема которой представлена на рис. 1.

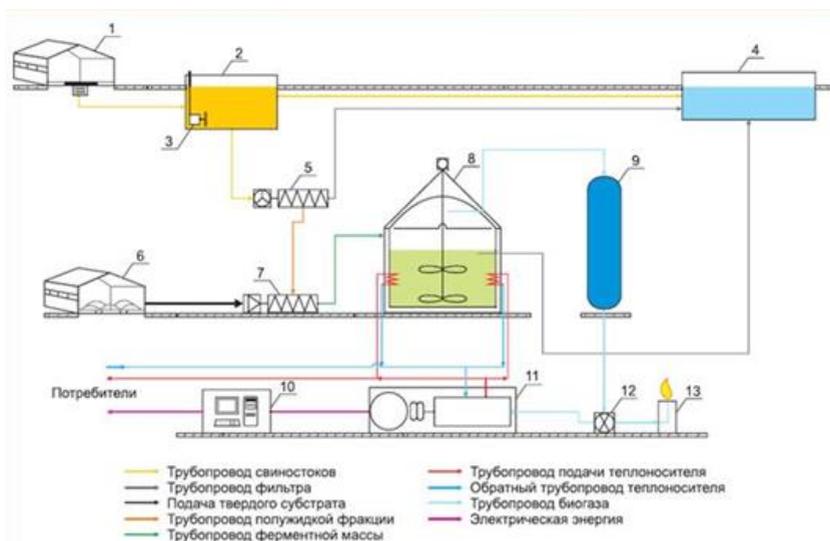


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема биогазовой установки

- 1-свинокомплекс; 2-приемный резервуар; 3-мешалка; 4-лагуна; 5-сепаратор;
- 6-хранилище твердого субстрата; 7-загрузчик ферментной массы;
- 8-ферментер; 9-газовое хранилище; 10-модуль управления; 11-когенерационная установка; 12-компрессор; 13-устройство безопасности

Биогазовая станция с переработкой животноводческих отходов и получением электрической и тепловой энергии – это первый на Белгородчине и в России объект, запущенный в промышленную эксплуатацию.

За 4 месяца работы биогазовой станции переработано 18000 тонн животноводческих отходов и силоса, получено 5000 тонн органических удобрений.

Применение альтернативных источников энергии на Белгородчине достаточно перспективно. Поскольку область занимает лидирующие позиции по темпам развития животноводства и птицеводства, и эффективное решение вопроса утилизации отходов играет важную роль в развитии АПК региона.

#### **Список литературы:**

1. Корнеев И. Малая энергетика для больших дел // Голос Белогорья. 2013. 27фев.
2. Егоров И. Современное состояние и потенциал развития биоэнергетики в России // Общероссийская газеты энергетика. 2012. Май.
3. Чайкина Е. Губернатор Белгородской области Евгений Савченко принял участие в торжественном открытии промышленной биогазовой станции «Байцуры» на территории Грузсчанского сельского округа Борисовского района // Международная биоэнергетика. 2012.
4. Орехов А.В. Особенности реализации проекта строительства биогазовой станции «Байцуры» в Белгородской области // Энергосовет. 2012. №5(24). С. 55–60.

## ПРИМЕНЕНИЕ БИОМАССЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ

**Беловодский Е.А., студент,  
Щетинина И.А., канд. техн. наук, доц.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Биомасса является биологическим материалом из живых, или недавно бывших живых организмов, чаще всего растений или растительных материалов. В качестве возобновляемого источника энергии, биомасса может быть использована непосредственно или косвенно, т.е. может быть преобразована в другой вид энергии продуктов, таких как биотопливо. Биомасса может быть преобразована в энергию тремя способами: термической конверсией, химическим преобразованием, и биохимическим преобразованием [1]. Биомасса Земли составляет 2420 миллиардов тонн.

Исторически сложилось, что люди использовали продукты переработки биомассы, с тех пор, как они начали сжигать древесину, чтобы добывать огонь. Древесина остается крупнейшим источником энергии биомассы сегодня: примеры включают порубочные остатки (например, мертвые деревья, ветви и пни), садовое вырезки, щепу и даже твердые бытовые отходы. Также биомасса включает продукты растительного или животного сырья, которая может быть преобразована в волокна или другие промышленные химикаты, в том числе биотопливо. Промышленную биомассу можно вырастить из многочисленных видов растений, в том числе проса, конопли, кукурузы, тополя, ивы, сорго, сахарного тростника, бамбука, и различных видов деревьев от эвкалипта до пальмы.[2, с. 24].

Мало кто знает, что даже сегодня, биоэнергетика является четвертым наиболее важным источником энергии в мире после нефти, угля и газа, в настоящее время предоставляют около 14 процентов мирового производства (примерно в три раза нефти, добываемой ежедневно в Саудовской Аравии). Большинство использования биомассы происходит в развивающихся странах, где она составляет около одной трети от общего объема производства энергии, что делает его ведущим источником первичной энергии. В таких странах, как Непал, Танзания и Руанда, более 90 процентов энергии поступает из биомассы [3, с. 12].

Биомасса – пятый по производительности источник энергии после солнечной, ветровой, гидро и геотермальной энергии. Ежегодно

на земле образуется около 170 млрд т. первичной биологической массы и приблизительно тот же объём разрушается.

Биоэнергетика существенно безопасней для планеты, чем ископаемые виды топлива, которые в настоящее время наиболее широко используются в развитых странах для запуска автомобилей, производства электроэнергии тепла. Когда ископаемое топливо сжигают, то оно выбрасывает в атмосферу углекислый газ  $CO_2$  и другие загрязняющие вещества, такие как диоксид серы, метан и сажу, что способствует изменению климата и глобальному потеплению. В противоположность этому, биомасса – в виде леса или урожая – излучает мало серы и почти не выделяет  $CO_2$  при сгорании и, следовательно, позволяет избежать большинства проблем атмосферных загрязнений, вызванных ископаемым топливом.

Ряд крупных исследований недавно показал, что возобновляемые источники энергии могут стать основным источником к 2050 году. В докладе, подготовленном для Earth Summit в июне 2005 года, было спрогнозировано, что сочетание биомассы, энергии солнца и ветра могли бы поставлять 58 процентов электроэнергии в мире и 42 процента непосредственных использований топлива в мире, таких как жидкие и газообразные горючие. Недавнее исследование Shell International показывает, что после 2020 года большинство новых мировых запасов энергии будет обеспечиваться за счет возобновляемых источников энергии, в то время как традиционные источники будут сводиться на нет [4, с. 55].

Уже можно увидеть тенденции. В Австрии и Швеции, возобновляемые источники энергии производятся на месте, а затем распространяются в местные и национальные распределительные сети. В Калифорнии, около 800 мегаватт биомассы на заводах, вырабатывающих электроэнергию, подают электроэнергию в местные коммунальные предприятия. В Бразилии, Аргентине и Зимбабве, большие и малые заводы обеспечивают так называемый зеленый бензин – спирт из сахарного тростника. Биогаз из коммунальных отходов предоставляет водонасосную систему, освещение и отопление в Китае, Индии, Южной Африке и Танзании. В Дании, Великобритании, Германии, Индии и Соединенных Штатах, существуют коммерческие ветровые фермы, которые предоставляют местные и сетевые электроэнергетические холдинги [5, с. 14].

Предложение относительно идеи того, что биомасса является углеродно-нейтральной, выдвинутое в начале 1990-х было заменено

более поздними открытиями науки признавая тот факт, что зрелые нетронутые леса поглощают углерод более эффективно.

Применение биогазовых установок на животноводческих фермах обеспечивает получение дополнительной энергии в виде биогаза и высококачественных органических удобрений, а также позволяет значительно снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду. Практическим примером крупной биогазовой станции является проект «Строительство пилотной биогазовой станции в Белгородской области мощностью 500 кВт». Его целями являются:

- Формирование и развитие инновационных технологий утилизации биоотходов на основе биоэнергетики с использованием альтернативных возобновляемых источников энергии, биотехнологий и производством электрической и тепловой энергии.
- Максимизация прибыли инвестора посредством реализации проекта.
- Положительный эффект, связанный с формированием имиджа инвестора в качестве компании-инвестора в «зеленую энергию».
- Получение уникальной для РФ компетенции для дальнейшего тиражирования проектов.

Проект направлен на решение экологических проблем утилизации отходов, возникающих в результате бурного развития отраслей животноводства и птицеводства в Белгородской области, а также на повышение энергоэффективности экономики РФ путем развития генерации, функционирующей на основе применения возобновляемых источников энергии.

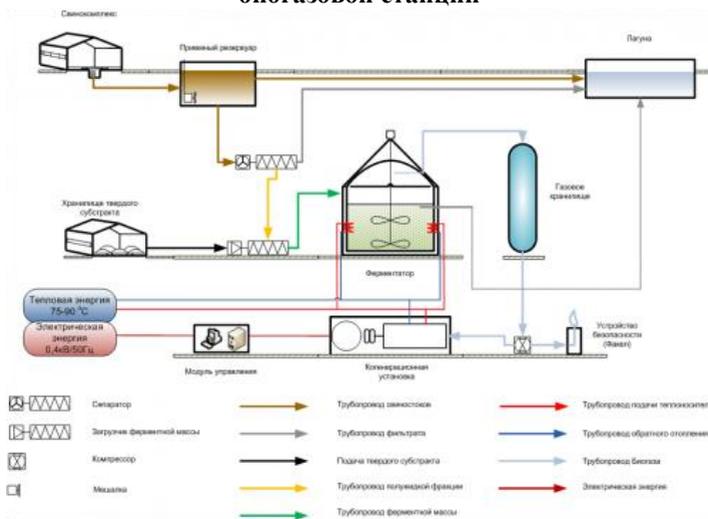
В ходе реализации проекта был получен патент на полезную модель: «Способ производства биогаза из сельскохозяйственных отходов и биогазовая установка для его осуществления» МПК А01С 3/00, С02F3/28.

Построенная биогазовая станция является первой промышленной биогазовой станцией в России, вырабатывающей зеленую экологически чистую электрическую энергию для выдачи в сеть из возобновляемого источника энергии с применением биотехнологий.

Также в ходе реализации проекта были созданы предпосылки для создания новой для РФ отрасли – биоэнергетики, создана уникальная компетенция по реализации проектов в сфере биоэнергетике. Пиролизные энергетические установки используются для получения

котельных топлив, пиролизного газа, тепла и электроэнергии. Преимущества: нагрев до 700°C в отсутствие кислорода; продукты сгорания и зола, нетоксичны, нет сточных вод [6, с. 89].

### Принципиальная технологическая схема функционирования биогазовой станции



Жидкое пиролизное топливо может использоваться в качестве печного топлива в котельных, а после модификации в качестве моторного топлива. Себестоимость жидкого топлива при цене сырья 20 долл./т составляет 200 долл./т. Затраты энергии на собственные нужды не превышают 15 % от энергии перерабатываемого сырья.

Микроводоросли, используемые для производства биотоплива третьего поколения, имеют выход с одного гектара в 60 раз больше, чем рапс и другие продовольственные культуры.

Существуют два принципиально отличающихся способа выращивания микроводорослей – в открытых и в замкнутых системах. В первом случае культивирование водорослей осуществляется в прудах и бассейнах различных конструкций и в качестве источника освещения используется солнечный свет. Другой способ включает закрытые фотобиореакторные системы с искусственным освещением.

Завод по производству биодизеля снабжается растительными маслами, полученными при экстракции сырья, производимого на

фермах по промышленному выращиванию водорослей; остаточная биомасса перерабатывается в биоэтанол и используется для кормления животных; завод по производству биодизеля и комплекс водорослевых ферм использует непитьевую (техническую) или соленую воду; не потребляет традиционные топлива (нефть, уголь), а самообеспечивается электрической и тепловой энергией; комплекс не загрязняет окружающую среду выбросами углекислого газа, а использует CO<sub>2</sub> в замкнутом цикле.

Первая в нашей стране биогазовая станция «Лучки» построена в Белгородской области, которая считается на данный момент наиболее прогрессивным регионом России в практике использования возобновляемых источников энергии. Она производит более 8 миллионов кубометров биогаза в год. Полученный объем позволяет вырабатывать 19 миллионов кВт электроэнергии и более 18 тысяч Гкал. тепла. И это не предел: сырьевой базы в области хватит для обеспечения еще ста тридцати подобных станций [7, с. 124].

В ходе заседания правительства Белгородской области была разработана концепция развития биоэнергетики и биотехнологий в Белгородской области на 2009–2013 годы разработана во исполнение распоряжения губернатора Белгородской области от 6 февраля 2009 года N 43-р «О создании рабочей группы по разработке Концепции развития биоэнергетики и биотехнологий в Белгородской области на 2009–2013 годы».

Актуальность проблемы для Белгородской области заключалось в том, что при разработке Концепции учитывалось, что в Белгородской области в результате реализации областных целевых программ «Развитие свиноводства в Белгородской области на 2005 — 2010 годы», «Развитие птицеводства в Белгородской области на период с 2005 по 2010 годы» и областного проекта «Развитие молочного животноводства в Белгородской области до 2010 года» ежегодно образуется около 1020 тыс. тонн навоза крупного рогатого скота, 1800 тыс. куб. метров свиноводческих стоков, 1091 тыс. тонн куриного помета [8, с. 66].

Проблему переработки органических отходов планируется решать путем внедрения биоконверсионных технологий с экологически замкнутым циклом конверсии газов в направлении.

Главное для создания и развития биоэнергетики – строительство биогазовых установок.

Биогазовая установка – это анаэробная ферментация органоотходов, с высоким и полным эффектом комплексной защиты экологии, в реакторах (ферментаторах) с производством вторичных

продуктов: высокоэффективных органоудобрений, биогаза, электроэнергии, тепла, биотоплива (биометана). Герметичное метановое сбраживание, исключая вынос азота (N) и серы (S) в атмосферу, повышает содержание питательных веществ в шламе на 15–20 процентов по сравнению со свежим навозом. Основное преимущество анаэробных биоудобрений – это практически полное сохранение азота (N), содержащегося в исходном сырье, с переводом в аммонийную форму, более доступную для питания корневой системы. Фосфор (P) представлен фосфатами и нуклепротеидами, которые усваиваются растениями лучше, чем соли минеральных удобрений. Калий (K), находящийся в жидкой фазе, полностью доступен растениям.

В результате анализа накопленного мирового опыта анаэробной ферментации специалисты ОАО «Технополис «Светоград» разработали собственное технологическое решение (ноу-хау) – комбинацию двух различных технологий и способов (мезофильной накопительной ферментации с термофильной проточной технологией) на универсальной биокомплексной площадке.

Преимущество инновации – абсолютно полная утилизация ранее теряемой теплоты с повышенной генерацией биогаза, ускоренная переработка жидких навозосточков с получением на выходе экологически чистых органоудобрений.

В настоящее время ООО «Научно-технический центр биотехнологических технологий в сельском хозяйстве» и ЗАО «Приосколье» совместно реализован инвестиционный проект по переработке соломенной подстилки от напольного содержания бройлеров производственной мощностью 165000 тонн в год. Данное производство по переработке отходов птицеводства в органические удобрения является самым крупным в России. ЗАО «Приосколье» произведено и реализовано зерновым компаниям более 160000 тонн высокоэффективного компоста. Разработанную технологию планирует использовать ЗАО «Белая птица» на 6 биополигонах для переработки 95000 тонн отходов.

Аналогичные планы имеет агрохолдинг ООО «Белгранкорм».

В рамках Концепции будут продолжены разработки по созданию производства микробиологических и биоорганических удобрений (гранулированные, фасованные удобрения для потребительского рынка).

Наиболее масштабным по коммерческому воздействию может стать направление биотехнологии, связанное с переработкой бобовых трав с целью получения белково-углеводных кормов, имеющих низкую

клетчатку и высоко усвояемые протеины для моногастричных животных и птицы.

В ООО «Научно-технический центр биологических технологий в сельском хозяйстве» создано опытное производство проектной мощностью 5 тонн в месяц ферментно-пробиотичной кормовой добавки нового поколения (Ферм-КМ). Исследования, проведенные по применению данной добавки, дали положительный результат. В 2010 году планируется строительство опытно-промышленного завода мощностью 250 тонн ферментно-пробиотичной кормовой добавки в год [9, с. 226].

Кроме того, на действующих в области площадках животноводческих и птицеводческих комплексов планируется реализовать в 2009–2012 годах следующие инвестиционные проекты:

– строительство биогазовой установки на ООО «Стригуновский свинокомплекс» в с. Байцуры Борисовского района области;

– строительство биогазовых установок на очистных сооружениях на площадках ООО «Птицефабрика «Северная» в Белгородском районе и Управляющей компании «Инвестиции Финансы Менеджмент» «Маячки-1» в с. Маячки Прохоровского района.

В целях совместного участия в научно-технической разработке и экспериментальной апробации Белгородского инновационного биокомплекса ведется работа с зарубежными и отечественными компаниями.

В заключение следует отметить, что нам необходимо признать тот факт, что хотя мы и извлекаем пользу из ископаемых ресурсов, экологические проблемы вынуждают нас переходить на возобновляемые источники энергии в интересах будущего поколения и здоровья планеты под названием Земля.

#### **Список литературы:**

1. Луговая А.Л. Английский язык для студентов энергетических специальностей. М.: Высшая школа, 2009. 152 с.
2. Федорищева Е.А. Энергетика: проблемы перспективы. М.: Высшая школа, 2005. 143 с.
3. Gasifier Experimenters' Kit [Electronic resource]. – Access mode: <http://gekgasifier.com>
4. Jens Riese J., Alexander Schwartz A. Alternative Sources of Energy // Newsweek. 2001. February 5. P. 12–14.
5. Ridington S. Energy Engineering Prospects, 2004. 80 с.

## **СПИРАЛЬНО-ЛОПАСТНОЙ СМЕСИТЕЛЬ С ВЫСОКОСКОРОСТНЫМ РЕЖИМОМ СМЕШИВАНИЯ ДЛЯ СУХИХ СМЕСЕЙ**

**Богданов В.С., д-р техн. наук, проф.,  
Несмеянов Н.П., канд. техн. наук, проф.,  
Горшков П.С., канд. техн. наук, ст. преп.,  
Бражник Ю.В., аспирант**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Большинство строительных материалов, как в России, так и за рубежом производятся с использованием смесительного оборудования. Качественное смешивание материалов с различным дисперсным составом и сложной рецептурой является важным этапом при производстве сухих строительных смесей (ССС).

Используемые смесители на предприятиях малой и средней мощности мало адаптированы под небольшие объемы выпуска продукции и большую часть времени простаивает, что является крайне неэффективным способом эксплуатации. Следовательно, задача получения качественных многокомпонентных сухих строительных смесей со сложной рецептурой с использованием смесительного оборудования, адаптированного под предприятия малого и среднего бизнеса является особо актуальной.

Создание смесителей более совершенной конструкции с минимизацией потребных ресурсов и увеличением номенклатуры выпускаемой продукции на единичном оборудовании являются приоритетными задачами, стоящими перед инженерами в области производства СССР.

Решением таких задач занимаются на кафедре механического оборудования Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. Предлагаемые разработки связаны с усовершенствованием существующих смесительных установок и направлены на улучшение качества выпускаемой продукции, расширение ассортимента и повышение эффективности использования модифицирующих добавок в составе СССР.

С учетом предъявляемых требований на кафедре МО БГТУ им. В.Г. Шухова разработан спирально-лопастной смеситель принудительного действия (рис. 1) для перемешивания различных сыпучих материалов. В конструкцию была воплощена идея создания

противоточных конвективных потоков перемешиваемого материала, как в горизонтальных, так и в вертикальных направлениях. Создание этих потоков обеспечивается за счет установленных спиралей на внутренней поверхности смесительного барабана (рис. 2).

Смеситель (рис. 1) состоит из цилиндрического барабана 2, внутри которого консольно установлен ротор 3 (рис. 2), закрепленный в подшипниках. На этом валу закреплены несколько рядов лопастей. В каждом ряду находится лопасти, которые повернуты относительно друг друга на  $120^\circ$ . При этом установлены они таким образом, чтобы набрасывать смешиваемые компоненты на винтовую спираль 5, закрепленную на внутренней стенке барабана (рис. 2). Винтовая спираль имеет разрывы в плоскостях вращения лопастей ротора. Барабан смесителя установлен в подшипниках, который в свою очередь закреплен на корпусе 1. В верхней части барабана смесителя закреплена неподвижно крышка, которая препятствует выходу перемешиваемых компонентов [1].

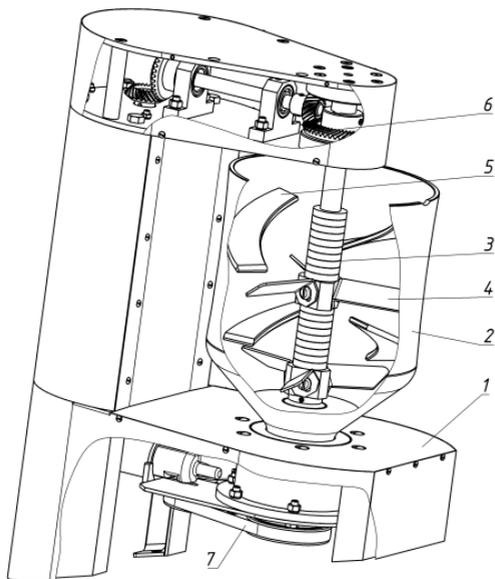


Рис. 1. Роторный спирально-лопастной смеситель для получения сыпучих материалов

1 – корпус, 2 – барабан, 3 – ротор, 4 – лопасти вала, 5 – спирали,  
6 – верхний привод, 7 – нижний привод

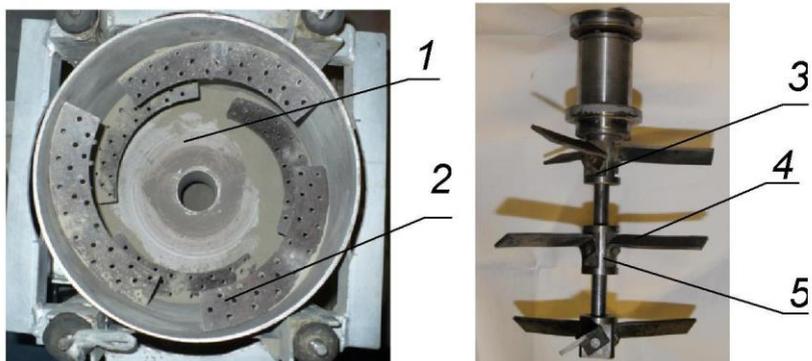


Рис. 2. Смесительный барабан и ротор спирально-лопастного смесителя  
 1 – корпус, 2 – перо трехзаходной винтовой спирали;  
 3 – вертикальный вал, 4 – лопасть месильная, 5 – втулка



Рис. 3. Набор сменных перьев трехзаходной винтовой спирали

Смеситель работает следующим образом. Перемешиваемые компоненты загружаются через верхний люк и попадают внутрь барабана 2 смесителя. Одновременно включается привод 6, приводящий во вращение вертикальный вал через зубчатую передачу и привод 7, приводящий во вращение смесительный барабан 2 через клиноременную передачу.

При этом ротор 3 (рис. 2) вращается в противоположную сторону вращения барабана 2, а направление вращения барабана смесителя выбирается в соответствии с направлением витков спирали 5 (рис. 2). В результате вращения вала лопасти 4 поднимают смешиваемые

компоненты и набрасывают их на спираль 5, тем самым перемещая материал как в вертикальном так и в горизонтальном направлениях. При этом разрывы, имеющиеся в нем, создают турбулентные потоки смеси. Перемещаясь по поверхности шнека, смесь попадает на второй ряд лопастей и, переместившись как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях, попадает на среднюю часть спирали (рис. 2) и продвигается вверх. Таким образом, смесь достигает верхней части барабана смесителя, и направляется вниз навстречу основному потоку смеси. После разгрузки смесителя процесс повторяется.

Анализ результатов высокоскоростной видеосъемки показал, что движение материала, находящегося на поверхности винтовой спирали, имеет пульсирующий характер (рис. 5). Такое движение вызвано тем, что материал, вытесняемый лопастью, поднимается на определенную высоту и, исходя из условия идеальной несжимаемой сыпучей среды, передает импульс кинетической энергии слою материала, лежащему на поверхности винтовой спирали. При этом время, за которое происходит подъем материала, прямо пропорционально частоте прохождения лопасти над конкретным пером трехзаходной спирали.

После прохождения месильной лопасти в зоне ее действия образуется след, где, практически полностью, отсутствуют компоненты смеси. В этот освободившийся объем попадает материал, сходящий с нижних витков спирали, что является начальным условием для образования нового импульса движения материала. Так же было определено, что с увеличением числа оборотов ротора, а значит и частоты прохождения месильной лопасти над пером трехзаходной спирали, материал начинает не полностью заполнять образованный след, вследствие чего объем материала, вытесняемый месильной лопастью уменьшается, что приводит к меньшему значению передачи импульса. При дальнейшем увеличении числа оборотов, образованный лопастью след полностью перестает заполняться и прекращается передача энергии материалу, лежащему на поверхности винтовой спирали. Объясняется это тем, что время, за которое проходит лопасть над спиралью не достаточно для заполнения образованного следом пространства.

При таком режиме работы явно выделяются застойные зоны материала, находящегося во взвешенном состоянии между рядами месильных лопастей.

Преимущество предложенной конструкции смесительного узла заключается в использовании трехфазного винтового шнека с перфорированной поверхностью (рис. 3), позволит обеспечить

дополнительную циркуляцию сыпучей среды из застойных зон смесителя.

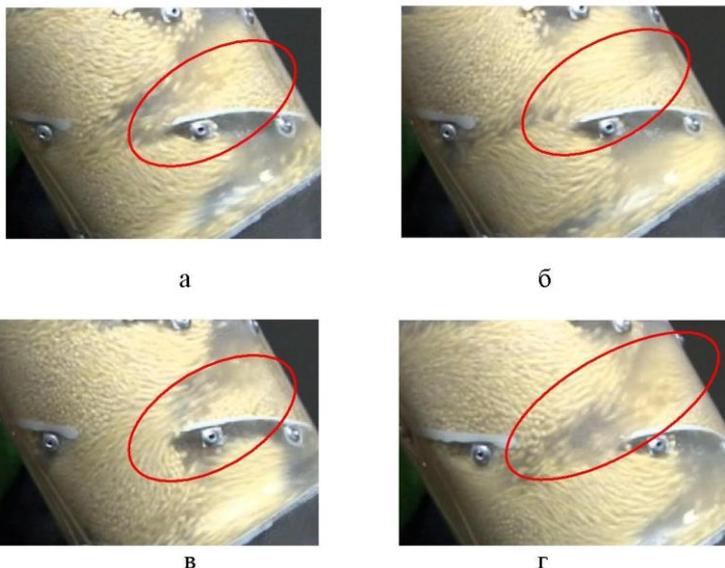


Рис. 5. Образование импульса движения материала на спиральной поверхности

а – начало образования импульса, б – переход материала,  
в – конец импульса, г – образование следа

Таким образом, использование спирально-лопастного смесителя с быстровращающимся ротором позволит увеличить степень однородности готового продукта и сократить время смешивания компонентов при получении различных по составу сухих строительных смесей.

#### Список литературы:

1. Воронов В.П., Несмеянов Н.П., Горшков П.С. Спирально-лопастной противочувствительный смеситель для производства сухих строительных смесей // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2012. №1. С. 66-69.
2. Патент РФ № 2011122970/05, 07.06.2011. Богданов В.С., Несмеянов Н.П., Горшков П.С. Смеситель для перемешивания сыпучих материалов // Патент России № 112643. 2012. Бюл. №2.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Боровской А.В., студент,  
Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доц.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

В современном мире как никогда становится очевидна необходимость использования нетрадиционных возобновляемых источников энергии, которые более безопасны с экологической точки зрения и натуральны. Особенно актуальны эти меры ввиду стремительного истощения традиционных ископаемых видов топлива. Одним из популярных альтернативных источников энергии является Солнце. Солнечная энергия является одной из самых общедоступных на Земле, поэтому в Белгородской области это направление является перспективным.

Поток солнечного излучения, проходящий через площадку в  $1 \text{ м}^2$ , расположенную перпендикулярно потоку излучения на расстоянии одной астрономической единицы от центра Солнца (на входе в атмосферу Земли), равен  $1367 \text{ Вт/м}^2$  (солнечная постоянная). Из-за поглощения, при прохождении атмосферной массы Земли, максимальный поток солнечного излучения на уровне моря (на Экваторе) –  $1020 \text{ Вт/м}^2$ . Однако следует учесть, что среднесуточное значение потока солнечного излучения через единичную горизонтальную площадку как минимум в три раза меньше (из-за смены дня и ночи и изменения угла солнца над горизонтом). Зимой в умеренных широтах это значение в два раза меньше.

Учитывая такой объём поступающей энергии и то, что в Белгородской области в среднем 120 подходящих солнечных дней в году, солнечная энергетика видится весьма перспективным направлением для региона. И некоторые проекты уже работают.

Например, первая в России экспериментальная солнечная электростанция была установлена в Яковлевском районе Белгородской области в 2010 году. Так же был учреждён Белгородский институт альтернативной энергетики.

В Белгородской области в настоящее время внедряются солнечные батареи. Они используют солнечную энергию для выработки электрической энергии, обладая рядом преимуществ:

– Общедоступность и неисчерпаемость источника.

– Теоретически, полная безопасность для окружающей среды.

Солнечная батарея состоит из фотоэлементов, соединенных последовательно и параллельно. Принцип работы фотоэлементов, из которых состоит солнечная батарея, основан на фотогальваническом эффекте.

В 2010 году компанией «АльтЭнерго» реализован проект установки 1320 модулей фотоэлектрических преобразователей двух типов (поликристаллические и аморфные) с активной поверхностью 1046 м<sup>2</sup>. Номинальная пиковая мощность солнечной электростанции – 100 кВт.

Поликристаллические солнечные батареи состоят из распиленного на пластины полупроводникового кремния. При попадании на их поверхность солнечного света в устройстве начинается движение электронов, вырабатывается постоянный электрический ток, который затем преобразуется в переменный.

В аморфных солнечных батареях полупроводники в вакууме расщепляются на мельчайшие частицы, и воздействие света становится наиболее интенсивным, поэтому аморфные источники обладают высокой производительностью и могут работать при плохих погодных условиях и слабой освещенности.

За период с введения в эксплуатацию и по 10 апреля 2013 года солнечные панели выработали почти 230 тысяч киловатт-часов электроэнергии, предотвратив тем самым выброс более 160 тысяч килограммов углекислого газа, вызывающего парниковый эффект, которые ушли бы в атмосферу при выработке аналогичного объема энергии традиционными способами.

Для дальнейшей реализации проекта по использованию данной технологии необходимо учесть их недостатки:

- Зависимость от погоды и времени суток.
- Как следствие, необходимость аккумуляции энергии.
- При промышленном производстве – необходимость дублирования солнечных ЭС маневренными ЭС сопоставимой мощности.
- Высокая стоимость конструкции, связанная с применением редких элементов (к примеру, индий и теллур).
- Необходимость периодической очистки отражающей поверхности от пыли.
- Нагрев атмосферы над электростанцией.

При осуществлении проектов по использованию технологии солнечных батарей необходимо учитывать их сравнительно низкий КПД (в среднем около 30%), поэтому необходимо работать над

созданием технологии, позволяющие достичь более высокие показатели по КПД.

Таким образом, одним из направлений развития энергетики Белгородской области осуществлять сочетания традиционных способов выработки электроэнергии с альтернативными источниками. Это будет способствовать дальнейшему развитию экономики области.

#### **Список литературы:**

1. Татауров О.Л. Альтернативная энергетика, установки альтернативной энергии. М.: Просвещение, 2008. 208 с.
2. Фортова В.Е. Энергосбережение: учебное пособие. М.: Изд. МФТИ, 2010. 224 с.
3. Официальный сайт ООО «АльтЭнерго» [Электронный ресурс] – Белгород: Бел.ру, 2010. – Режим доступа : <http://www.altenergo.org/>

## ОПЫТ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ИНДИВИДУАЛЬНОМ ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЕ

**Власова А.А., студент,  
Тарасюк П.Н., аспирант,  
Сухорослова В.В., студент,  
Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.**

*Белгородский инженерно-экономический институт,  
Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

В нашей области развернулась программа индивидуального жилищного строительства. Частные дома – это большой простор для внедрения инновационных энергосберегающих технологий. Цены на энергоресурсы будут расти, и уже на начальном этапе программы необходимо учесть, что применение энергосберегающих технологий позволит в дальнейшем тратить значительно меньше средств на отопление, не пренебрегая при этом комфортом. Рассмотрим опыт проектирование таких домов в Германии и Дании и возможность его применения в наших условиях.

Частные домовладельцы в Германии используют почти 30% всей получаемой энергии, что составляет почти столько же, сколько и промышленность, и больше, чем транспорт. Большая часть расходуемой энергии (80%) идет на отопление помещений. Германия одна из первых стран, которая заинтересовалась вопросом рационального использования теплоты в жилых домах. Рассмотрим основные способы, с помощью которых можно достигнуть низких показателей энергопотребления.

Для обеспечения требуемого теплового режима в холодный период года в здание необходимо проводить тепловую энергию. Расход теплоты для индивидуальных домов можно оценить следующим образом:

Индивидуальный жилой дом общей площади 140 м <sup>2</sup>	Годовой расход теплоты, кВт·ч/м <sup>3</sup> ·год	Удельный расход теплоты, Вт ч/м <sup>2</sup>
Старое строение	300	136
Типовой дом 70-х гг.	200	91
Типовой дом 80-х гг.	150	68
Дом низкого энергопотребления 90-х гг.	0-70	14-32

Дом ультранизкого энергопотребления  
Современный пассивный дом

30-15  
менее 15

14-7  
менее 7

Основные источники потерь теплоты представлены на рис. 1.



Рис. 1. Потери теплоты в индивидуальном доме [1]

Основным способом уменьшения энергопотребления является уменьшение теплопотерь в здании [2–5]. В результате различного теплового состояния внутренней и наружной среды происходит передача теплоты из здания в наружное пространство. Потери теплоты осуществляется через строительные конструкции и за счет проникания воздуха через швы, стыки и неплотности окон, дверей и строительных конструкций.

Теплопотери здания  $Q$ , Вт, можно оценить по формуле:

$$Q = qV(t_i - t_e),$$

где  $q$  – тепловая характеристика здания, Вт/(м<sup>3</sup>К);  $V$  – объем здания, м<sup>3</sup>;  $t_i$  и  $t_e$  – температура соответственно внутреннего и наружного воздуха, °С.

Для более точной оценки теплопотерь используются методики, приведенные в СНиП 2.04.05-91, 23-01-99, 23-02-2003, П-3-79\*.

Теплопотери зданий зависят от их геометрических размеров, теплотехнических свойств строительных конструкций, температуры внутреннего и наружного воздуха, воздухопроницаемости швов, длины открывающихся частей окон и наружных дверей. Их можно уменьшить при тщательном выполнении теплоизоляционных работ. Тепловую изоляцию производят с помощью теплоизоляционных материалов,

имеющих наименьший коэффициент теплопроводности. В настоящее время производится большое количество таких материалов, отличающихся теплоизоляционной характеристикой и стоимостью. Тепловую изоляцию начинают с фундамента с использованием в основном пенобетона и подобных ему бетонов с соблюдением прочности по типу здания. Плиты перекрытий изолируют с обеих сторон для того, чтобы помещения, которые разделяет плита, были изолированы друг от друга. Ограждающие конструкции имеют особую изоляцию, отличающую от внутренних, так как необходимо учитывать погодные условия, в которых будет эксплуатироваться материал. Как правило, они выполняются из газоблоков. Для изоляции крыши используют материал, основанный на стекловолноке, у которого минимальный коэффициент теплопроводности, достаточная пожароустойчивость, стойкость к воздействию климатических изменений, устойчивость перед насекомыми и грызунами. Так же необходима тщательная изоляция швов в соединениях между стенами и крышей, соединениями бетонных элементов, в стыках окон и наружных дверей.

Для уменьшения потерь теплоты в окнах используются современные двух- или трёхкамерные конструкции. Внутрь стеклопакетов закачивают газы, имеющие низкую теплопроводность; используется специальное покрытие стекла, уменьшающее на 40% теплопотери излучением; применяется специальная конструкция притыкания окон к стенам.

Следующим этапом уменьшения энергопотребления является утилизация уходящего тепла с вентилируемым воздухом. Для этого используются рекуператоры различной конструкции (теплообменники, в которых теплообмен между средами происходит через разделяющую стенку). Принципиальная схема работы такой вентиляции следующая. Зимой холодный воздух входит в подземный воздухопровод, нагреваясь там за счёт тепла земли, и затем поступает в рекуператор. В рекуператоре отработанный домашний воздух нагревает поступивший свежий и выбрасывается на улицу. Нагретый свежий воздух, поступающий в дом, имеет в результате температуру около 17°C. Летом горячий воздух, поступая в подземный воздухопровод, сразу охлаждается там от контакта с землёй примерно до этой же температуры. За счёт такой системы в доме постоянно поддерживаются комфортные условия. Лишь иногда бывает необходимо использование маломощных нагревателей или кондиционеров, осуществляющих минимальную регулировку температурных условий.

Использование альтернативных источников энергии так же служит неплохим дополнением ко всему остальному. Солнце один из таких источников который можно бесплатно использовать на собственные нужды, его минус, что он непостоянен. Ночью этот источник недоступен, а в пасмурный день энергии недостаточно для использования. Используют этот источник, располагая на южной стороне здания окна больших размеров. Так же существуют солнечные коллекторы, с помощью которых можно нагревать воду, они устанавливаются на крыше здания.

Немаловажным способом уменьшение энергозатрат является использование современных систем автоматизации теплового оборудования, которые будут регулировать температуру в помещении в зависимости от температуры наружного воздуха, а так же уменьшать использование энергии на отопление при отсутствии в помещении людей.

И в заключении хотелось бы отметить, что мероприятия по энергосбережению увеличивают стоимость жилья. Но, как показал опыт Германии и Дании, эти дополнительные затраты окупаются за счет меньших расходов на поддержание комфортного микроклимата.

#### **Список литературы:**

1. Поль В.-Х., Штаннат В.Д., Детмер Г. Дом с низким энергопотреблением – средство сохранения окружающей среды и экономии энергоресурсов: пер. с нем. Минск, 1994. 28 с.
2. Повышение эффективности использования энергии в жилищном секторе Дании / под ред. А.М. Мастепанова и Ю.М. Когана. М., 1999. 162 с.
3. Беляев В.С., Хохлова Л.П. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий. М.: Высшая школа, 1991. 255 с.
4. Ржеганек Я., Яноуш А. Снижение теплопотерь в зданиях: пер. с чешского. М.: Стройиздат, 1988. 168 с.
5. Умнякова Н.П. как сделать дом теплым: справочное пособие. М.: Стройиздат, 1996. 368 с.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ПОДЗЕМНОЙ ПРОКЛАДКИ В КАНАЛАХ**

**Волков И.Г., студент**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Тепловые сети (ТС) надземной и подземной канальной и бесканальной прокладки являются одним из основных элементов систем централизованного теплоснабжения. Общая протяженность тепловых сетей в Российской Федерации составляет более 257 тыс. км. Основным видом прокладки ТС (более 90% общей протяженности) в России является подземная прокладка в непроходных и проходных каналах. Канальная прокладка ТС, по мнению ведущих организаций и специалистов отрасли, имеет ряд неоспоримых преимуществ, которые делают ее основным видом прокладки в России, как на сегодняшний день, так и на долгосрочную перспективу.

К преимуществам канальной прокладки относят: уменьшение напряжений в металле из-за возможности свободного расширения трубопроводов; защита трубопроводов от повреждений при раскопках других коммуникаций; предотвращение выброса теплоносителя на поверхность земли при разрыве трубопроводов; отсутствие затрат на реконструкцию ТС (для существующих сетей).

Бесканальная прокладка с применением предварительно изолированных труб применяется там, где технически невозможно или экономически нецелесообразно устройство дренажных систем для предотвращения затопления каналов грунтовыми водами и атмосферными осадками. Выбор типа прокладки определяется условиями участка.

Нормы и правила проектирования подземных трубопроводов ТС всех способов прокладки, в том числе канальной прокладки, регламентируются СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети». Требования к конструкциям тепловой изоляции и нормы тепловых потерь теплоизолированными трубопроводами в зависимости от диаметра трубопровода, температуры теплоносителя и вида прокладки (надземная или подземная) определяются СНиП 41-03-2003 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».

Большинство тепловых сетей в России эксплуатируется многие годы, и их проектирование осуществлялось в соответствии с

действовавшими в то время нормативными требованиями к тепловой изоляции трубопроводов, которые были существенно ниже современных.

Отсутствие типовых технических решений, необоснованное применение теплоизоляционных материалов без учета их назначения, несоблюдение требований нормативных документов, некачественное выполнение работ неспециализированными организациями, отсутствие систематического контроля и своевременного ремонта тепловой изоляции – все это приводит к сверхнормативным потерям тепловой энергии в промышленности и ЖКХ.

В 2003 г. институт «Теплопроект» разработал альбом «Теплоизоляционные изделия ISOVER марок KK-ALC, KT-11-TWIN, KIM-AL, KVM-50, KLS-K в конструкциях тепловой изоляции оборудования и трубопроводов. Рекомендации по применению в промышленности и ЖКХ с альбомом технических решений».

В действующих ТС канальной прокладки тепловая изоляция трубопроводов выполнена преимущественно теплоизоляционными изделиями на основе стеклянного и минерального волокна, выпускаемыми различными предприятиями в соответствии с ГОСТ 10499-95; ГОСТ 21880-94; ГОСТ 9573-96 и Техническим условиям производителей.

Введение новых, более жестких, нормативов по тепловой изоляции трубопроводов ТС в непроходных каналах требует увеличения толщины теплоизоляционного слоя. Увеличение толщины теплоизоляционного слоя в действующих ТС подземной канальной прокладки, с учетом фиксированного расстояния между осями труб, вызывает технические трудности, связанные с необходимостью монтажа изоляции в стесненных условиях, а в некоторых случаях и необходимостью реконструкции опор трубопроводов и самого канала.

Применение новых эффективных материалов обеспечивает соблюдение этих требований без реконструкции или замены конструктивных элементов самих непроходных каналов. На сегодняшний день применительно к водяным ТС канальной прокладки этим требованиям в наибольшей степени отвечают теплоизоляционные изделия из стеклянного штапельного волокна (СПВ).

Температура теплоносителя в подающих и обратных трубопроводах водяных ТС в зависимости от графика отпуска тепла имеет значения соответственно 95/70 ОС и 150/70 ОС, при этом средняя температура теплоизоляционного слоя составляет 50/100 ОС. Этот диапазон температур является оптимальным для теплоизоляционных

изделий из СШВ как по показателю теплопроводности, так и по допустимой температуре применения. В этом диапазоне они имеют минимальную для данного класса материалов теплопроводность, которая определяется оптимальной плотностью изделий 50-80 кг/м<sup>3</sup> и оптимальным диаметром волокна 4-6 мкм. Высокие деформативные характеристики теплоизоляционных изделий из СШВ обусловлены их гофрированной структурой и упругостью волокон.

С учетом высокой прочности на сжатие и формостабильности теплоизоляционных цилиндров из СШВ и гофрированных матов, они могут применяться в конструкциях тепловой изоляции трубопроводов со штукатурным покрытием без дополнительных опорных элементов.

Для прокладываемых в каналах трубопроводов ТС диаметром 25-324 мм рекомендуется применять цилиндры из СШВ на синтетическом связующем. Теплоизоляционные цилиндры «Isotec КК» имеют оптимальную плотность 65-75 кг/м<sup>3</sup>, соответствующую минимальным значениям коэффициента теплопроводности для волокнистых теплоизоляционных материалов. Коэффициент теплопроводности теплоизоляционных цилиндров при температурах 50 и 100 °С имеет значения и соответственно, что является одним из наиболее низких показателей для материалов этого класса в данном диапазоне температур. Это обеспечивает снижение требуемой толщины теплоизоляционного слоя, что особенно важно при замене изоляции, действующих ТС.

Теплоизоляционные цилиндры гидрофобизированы, что особенно важно с учетом их возможного увлажнения в конструкции. Теплоизоляционные цилиндры марок КК-AL, КК-ALC выпускаются с покрытием из алюминиевой фольги и могут применяться в непроходных каналах без дополнительного защитного покрытия.

Оптимальным решением тепловой изоляции для трубопроводов большого диаметра (от 324 мм до 1020 мм) в ТС канальной прокладки в соответствии с рекомендациями является применение прошивных матов гофрированной структуры с односторонней обкладкой из оцинкованной металлической сетки марки KVM-50.

Указанные прошивные маты характеризуются наименьшими в своем классе материалов значениями теплопроводности в рабочем для ТС диапазоне температур 50-100 °С. Маты выпускаются в обкладке из стеклохолста и гальванизированной металлической плетеной сетки с шестигранной ячейкой с прошивкой оцинкованной проволокой. За счет гофрированной структуры и преимущественно вертикальной ориентации волокон мат имеет высокую прочность на сжатие (3 кПа

при 10% деформации), что обеспечивает его формостабильность и стабильность теплозащитных свойств в процессе эксплуатации. Данные прошивные маты технологичны в монтаже, а именно легко изгибаются в продольном направлении и сохраняют форму в поперечном направлении. Эти изделия могут быть эффективно применены в конструкциях теплоизоляции арматуры, фланцевых соединений и на криволинейных участках трубопроводов.

#### **Список литературы:**

1. Семенов В.Г. Тепловые сети систем централизованного теплоснабжения // Энергосбережение. 2004. №5.
2. Шойхет, Б.М., Ставрицкая Л.В., Ковылянский Я.А. Тепловая изоляция трубопроводов тепловых сетей // Энергосбережение. 2002. №5.
3. Теплоизоляционные изделия ISOVER марок КК-ALC, КТ-11-TWIN, КИМ-AL, КVM-50, KLS-K в конструкциях тепловой изоляции оборудования и трубопроводов. Рекомендации по применению с альбомом технических решений. ОАО «Теплопроект», Москва, 2003 г.

## **ОПЫТ МОЛОДЕЖНОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ РЕГИОНА**

**Волобуева Я.В., студент**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Российская наука за свою многовековую историю внесла огромный вклад в развитие страны и мирового сообщества. Своим положением великой мировой державы Россия во многом обязана достижениям отечественных ученых. В современных условиях практическое использование естественнонаучных, гуманитарных и научно-технических знаний во все большей степени становится источником обеспечения жизнедеятельности общества, его духовного и физического здоровья. Уровень развития науки во многом определяет эффективность экономической деятельности, обороноспособность, духовную и политическую культуру населения страны, защищенность личности и общества от воздействия неблагоприятных природных и антропогенных факторов.

Новыми тенденциями в развитии мирового сообщества стали расширение сотрудничества и кооперации государства в решении глобальных проблем, связанных с сохранением среды обитания, обеспечение достойного духовного и физического уровня жизни людей, поддержание здоровья человека. Происходит объединение усилий ученых и инженеров развитых стран в поиске и использовании новых источников энергии, освоении космического пространства, создании открытой информационной среды. Новая стратегия развития науки отдает приоритет исследованиям, имеющим значимость для самой перспективы существования мирового сообщества, для его устойчивого и безопасного развития.

Для реального преобразования жизни в России исключительно важное значение имеет развитие науки в регионах, способствующее их прогрессу с учетом экономических, ресурсных, экологических и культурных особенностей.

В условиях стремительного роста науки и техники на мировые процессы, глобализации экономики перед Россией остро встала проблема воспроизводства и усиления её научного потенциала. На современном этапе в качестве одной из приоритетных задач государства признана поддержка и развитие российской науки.

Возрождение отечественного производства на базе современных

прогрессивных научно-технических достижений и технологий, создание эффективной системы стимулирования развития отечественного научно-технического потенциала и создание условий для активной инновационной деятельности – вот та основа, которая позволит России занять достойное место в мировом сообществе. Экономический подъем и позитивные изменения в структуре экономики страны в первую очередь связаны с широкомасштабным использованием достижений научно-технического прогресса.

Сегодня Белгородская область находится на важном этапе своего экономического и социального развития. Основным участником этого процесса должна стать и, по сути, уже становится молодежь. Именно она является наиболее активной составляющей гражданского общества: молодые лучше приспособлены к внедрению инновационных проектов и технологий в различных сферах, они являются сосредоточением принципиально новых знаний и идей, они мобильны и полны сил для строительства своей жизни.

В основной массе молодежи преобладают настроения и действия, свидетельствующие о ее нацеленности на жизнь и работу в условиях общества с рыночной экономикой. В целом молодое поколение лучше адаптируется к нынешним условиям и глубже входит в современную экономическую систему, чем старшее поколение.

Молодежь – главный заказчик достойного будущего, главный стратегический ресурс нашей страны.

Реализация экономических и социальных преобразований в регионе нуждается в хорошо образованных, творчески мыслящих специалистах, которые могут активно воздействовать на уровень производственного и общественного развития государства, условия жизнедеятельности его граждан. Поэтому молодые талантливые учёные особенно востребованы в динамично развивающихся отраслях.

Практически единственным источником кадров для научно-исследовательской работы являются вузы. Научно-исследовательская работа студентов служит формированию их как творческих личностей, способных обоснованно и эффективно решать возникающие теоретические и прикладные проблемы.

За последние годы в Белгородской области происходят благоприятные изменения в экономике и социальной сфере. Улучшается инвестиционный климат, успешно формируется потенциал внутренних ресурсов, создаются условия для эффективной работы малого предпринимательства, которое за последнее десятилетие сформировалось как сфера экономики и в настоящее время играет

важную роль в социально-экономическом развитии Белгородчины.

В области созданы значительные предпосылки для развития инновационной деятельности: область обладает многопрофильным научным, научно-производственным, научно-образовательным комплексом, который состоит из отраслевых научно-исследовательских институтов, высших учебных заведений, малых научно-производственных предприятий. На его базе создаётся огромное количество собственных научно-исследовательских разработок.

Перспектива устойчивого экономического роста Белгородской области неразрывно связана с развитием малого предпринимательства.

Большое внимание правительство области оказывает поддержке малого инновационного бизнеса. В течение ряда лет область взаимодействует с государственным Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере по развитию малого наукоёмкого бизнеса, что позволит привлечь серьезных инвесторов для работы с проектами белгородской молодежи.

Молодые ученые области должны принимать более активное участие в построении будущего нашей страны, необходимо широкое привлечение молодых, патриотически-настроенных ученых к решению социальных и экономических задач.

Государственная молодежная политика в Белгородской области направлена на решение проблем молодежи и привлечение молодых людей к участию в делах общества и государства.

Сегодня необходимо рассматривать молодежь в качестве главного субъекта социального обновления, инновационного ресурса общества, государства, региона, муниципального образования. Ведь молодежь – это то поколение, которое определяет сейчас и будет определять в будущем развитие страны в XXI веке.

В условиях сложной динамики социально-экономического развития региона необходим механизм стабилизации и эффективной поддержки науки, научно-технического прогресса и активизации инновационной деятельности, каковым может быть законодательное обеспечение развития научно-технического прогресса.

#### **Список литературы:**

1. Постановление Межпарламентской Ассамблеи Евразийского Экономического Сообщества от 16 июня 2003 г. № 4-19 г. Санкт-Петербург «О рекомендациях Межпарламентской Ассамблеи ЕВРАЗЭС по гармонизации национальных законодательных актов в сфере молодежной политики на общем рынке труда евразийского

- экономического сообщества».
2. Постановление Правительства РФ «О федеральной целевой программе «Молодежь России (2001–2005 годы)» от 27 декабря 2000 г. № 1015.
  3. Концепция научной, научно-технической и инновационной политики в системе образования Российской Федерации. Приложение № 1 к приказу Минобразования России от 06.06.2000 № 1705.
  4. Закон Белгородской области от 9 января 1996 года № 44 «О государственной поддержке талантливой молодежи».
  5. Закон Белгородской области от 3 января 2001 г. № 1 «О развитии кадрового потенциала области».
  6. Постановление главы администрации Белгородской области от 31 июля 2002 г. № 313 «Об учреждении ежегодного областного конкурса на соискание грантов Белгородской области по поддержке молодежных социально значимых проектов».

## **ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ РАСТВОРОВ $\text{FeCl}_3$ НА ТВЕРДЕНИЕ ГИПСОВЫХ СУСПЕНЗИЙ**

**Гладких Ю.П., канд. хим. наук, доц.,**

**Гребенюк А.А., студент**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Свойства композиционных материалов в значительной степени зависят от свойств компонентов, входящих в их состав. Поэтому изменением свойств составных частей композиционных смесей можно целенаправленно изменять свойства последних. Основными компонентами неорганических вяжущих смесей является вяжущее, наполнитель и вода затворения.

Известны различные способы изменения свойств компонентов смеси, в частности воды затворения. На наш взгляд, исследованиям, связанным с влиянием свойств воды затворения на процессы формирования композиционных структур уделено недостаточное влияние.

К настоящему времени установлено, что реакционная способность воды и водных растворов может существенно изменяться после воздействия на них различных факторов (температуры, ультразвука, переменного и постоянного магнитного поля, электромагнитных волн, инфразвука, акустических волн, добавок электролитов и т.д.), причем воздействия, приводящие к активации, могут быть чрезвычайно слабыми [1-4].

В настоящей работе изучено влияние активированной воды затворения малыми добавками хлорида железа (III) на кинетику твердения гипсовых суспензий.

Объектом исследования служили гипсовые суспензии, получаемые при смешивании гипса Г-5 ГОСТ 125-79, произведенного ЗАО «Самарский гипсовый комбинат», с растворами хлорида железа различной концентрации. Водогипсовое отношение составляло 0,6.

О влиянии концентрации растворов хлорида железа на физико-химические процессы, протекающие при формировании гипсовых структур, судили по кинетике твердения гипсовых суспензий. Для этого последние помещали в прямоугольные ячейки из органического стекла длиной 0,1м, торцовые стороны которых изготавливали из нержавеющей стали размером 0,025х0,025м и измеряли их электросопротивление с помощью моста переменного тока Е7-11. Предел прочности при сжатии

и изгибе определяли на образцах размером 0,025x0,025x0,100 м через 24 часа после их изготовления. Для этого использовали пресс гидравлический ПГМ 100 МГ4 и испытательную машину МИН-100 13502777.

На рис. 1 представлены кривые изменения электросопротивления твердеющих гипсовых суспензий. Из рис. видно, что все кривые аналогичны по форме и на них можно выделить три характерных участка ab, bc, cd (см. кривая 1). Участок ab характеризуется незначительным увеличением электросопротивления (индукционный период), на участке bc оно резко возрастает, после чего на участке cd наблюдается постепенное его увеличение. Известно, что в процессе твердения гипса протекает ряд сложных параллельных процессов: растворение, гидратация, коллоидация, кристаллизация и перекристаллизация продуктов твердения, поэтому можно полагать, что выделенные участки характеризуют преимущественное протекание тех или иных процессов в твердеющей гипсовой суспензии [5].

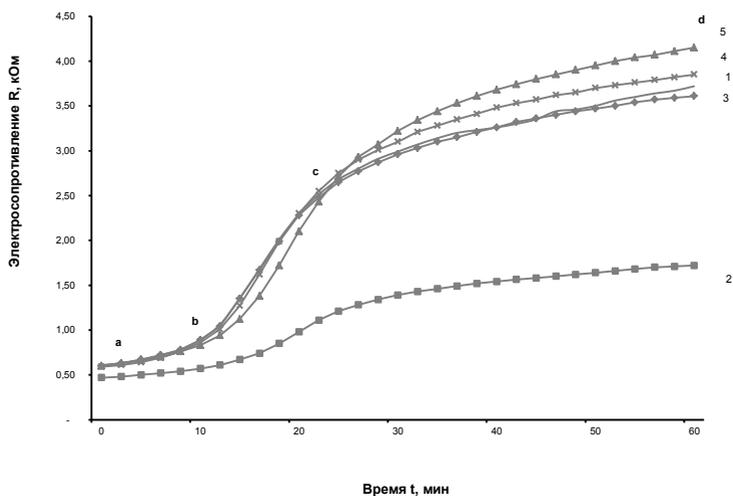


Рис. 1. Зависимость величины электросопротивления в процессе твердения полуводного гипса при различных значениях концентрации растворов хлорида железа:  
 1 – 0; 2 – 10<sup>-2</sup> М; 3 – 10<sup>-3</sup> М; 4 – 10<sup>-4</sup> М; 5 – 10<sup>-5</sup> М

С целью получения большей информации было проведено дифференцирование указанных кривых. На рис. 2 представлены кинетические кривые изменения скорости электросопротивления. Из рисунка (кривая 1) видно, что эта скорость (участок *ab*) вначале изменяется незначительно, затем следует ее резкое возрастание до максимального значения (участок *bc*). В дальнейшем наблюдается быстрое падение скорости электросопротивления (участок *cd*) и затем ее медленное уменьшение (участок *df*). Согласно литературным данным, при смешении гипса с водой происходит гидратация и гидроксिलирование как растворенных, так и нерастворенных частиц гипса.

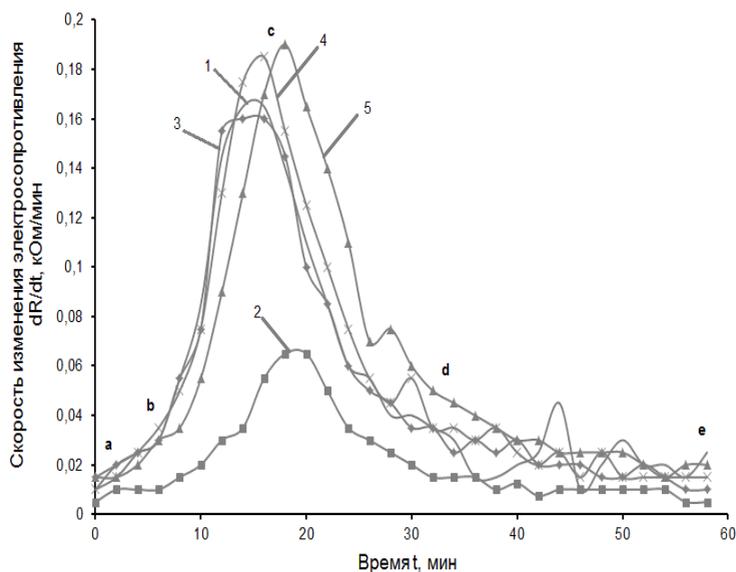


Рис. 2. Зависимость скорости изменения электросопротивления в процессе твердения полуводного гипса при различных значениях концентрации растворов хлорида железа  
1 – 0; 2 –  $10^{-2}$  М; 3 –  $10^{-3}$  М; 4 –  $10^{-4}$  М 4 –  $10^{-5}$  М

Процессы твердения гипсовых вяжущих обусловлены кислотно-основной конденсацией гидроксильных частиц этих вяжущих, которая и приводит к их коллоидации и кристаллизации.

Выделенные участки на рисунке отражают преимущественное протекание тех или иных процессов в твердеющей гипсовой суспензии. Незначительное изменение скорости электросопротивления на участке *ab* можно объяснить протеканием конкурирующих процессов растворения и гидратации и гидроксирования частиц гипса. Резкое возрастание скорости изменения электросопротивления на участке *bc* с момента времени, соответствующего точке *b*, можно объяснить превалированием процесса, препятствующему дальнейшему увеличению концентрации растворенных частиц. Очевидно, таким процессом может быть процесс конденсации, сопровождающийся образованием частиц коллоидных размеров. Быстрое уменьшение скорости падения электросопротивления на участке *cd* обусловлено, по-видимому, выделением заметного количества воды за счет процессов конденсации и коагуляции образовавшихся коллоидных частиц способствующей дальнейшему гидроксированию частиц гипса. Наблюдающееся медленное падение скорости изменения электросопротивления на участке *de* можно связать с преимущественным формированием конденсационно-кристаллизационных структур, в последующем их перекристаллизацией, затрудняющих перемещение заряженных частиц.

Сравнение кривых рисунка показывает, что отмеченные выше стадии, характеризующие преимущественное протекание соответствующих физико-химических процессов имеют место и в случае использования для затвердения воды, содержащей различное количество хлорида железа.

Однако при изменении концентрации растворов хлорида железа: происходит и изменение интенсивности указанных процессов твердения гипса. Особенно это наглядно отражено на процессах, связанных с образованием коллоидных частиц и их последующей конденсации и коагуляции. Для всех кинетических кривых, отражающих твердение гипса при различных концентрациях растворов железа, наблюдается изменение пика кривых по сравнению с пиком кривой, полученной с использованием воды. Имеет место незначительное смещение пиков относительно друг друга. Иными словами говоря, превалирующее различие кинетических кривых рис. 2 отражается величиной пика. Наименьшее значение величина пика имеет при  $10^{-2}$  М концентрации раствора хлорида железа. При уменьшении концентрации растворов хлорида железа величина пика растет, достигая наибольшего значения при  $10^{-5}$  М концентрации его раствора. Последнее свидетельствует о значительном увеличении интенсивности физико-химических

процессов, отвечающих стадиям аВ и ВС. Влияние концентрации растворов хлорида железа на другие выше отмеченные физико-химические процессы незначительно.

Можно полагать, что наблюдаемые различные кинетические закономерности твердения гипса при затворении его водой различной кислотности должны соответствующим образом отразиться на физико-механических характеристиках гипсовых образцов (см. таблицу).

Таблица

Влияние концентрации растворов  $\text{FeCl}_3$   
на физико-механические свойства гипсовых образцов

Концентрация растворов железа, М	Прочность при изгибе, МПа	Прочность при сжатии, МПа	Прирост прочности при сжатии, %
0	1,64	4,8	—
$10^{-2}$	0,96	2,1	-56
$10^{-3}$	1,78	5,7	20
$10^{-4}$	2,92	7,8	64
$10^{-5}$	4,65	13,2	178

Из таблицы следует, что имеется определенная корреляция между концентрациями растворов железа и физико-механическими показателями гипсовых образцов. Прочность образцов на сжатие, равно как и на изгиб, полученных при концентрации хлорида железа  $10^{-2}$  М наименьшая и значительно ниже прочности образцов изготовленных с использованием дистиллированной воды. Уменьшение концентрации растворов затворения гипсовых смесей ведет к росту физико-механических характеристик образцов. Максимум прироста прочности образцов соответствует  $10^{-5}$  М концентрации хлорида железа в растворе.

Высокие прочностные показатели гипсовых образцов при низких концентрациях растворов хлорида железа обусловлены, по-видимому, синергетическим действием двух факторов: 1) низкоэнергетической активацией воды затворения. Это подтверждается аналогичными экспериментальными данными по влиянию на процессы твердения гипсовых суспензий низких концентраций ( $10^{-4}$  -  $10^{-6}$  М) растворов ряда гидролизующихся солей как по катиону, равно, как и по аниону; 2) увеличением степени гидролиза и образованием простых двух- и – однозарядных, а также более сложных гидроксо ионов железа, способных участвовать в кислотно–основных реакциях с гидроксильными частицами поверхности гипса.

Таким образом, изменением свойств воды затворения малыми концентрациями хлорида железа, равно как, и других гидролизующихся солей можно эффективно изменять физико-химические процессы, протекающие при твердении гипсовых вяжущих, и, следовательно, добиться весьма существенного увеличения их эффективности.

#### **Список литературы:**

1. Классен В.И. Омагничивание водных систем. М.: Химия, 1973. 239 с.
2. Улащик В.С. Очерки общей физиотерапии. Минск, 1994. 200 с.
3. Плеханов Г.Ф. Три уровня механизмов биологического действия низкочастотных электромагнитных полей / Биологические механизмы и феномены действия низкочастотных и статических электромагнитных полей на живые системы: материалы Всесоюз. симпозиума // Томск, 1984. С. 3-8.
4. Гапочка Л.Д., Гапочка М.Д., Королев А.Ф. и др. Воздействие электромагнитного излучения КВЧ – и СВЧ – диапазонов на жидкую воду // Вестник МГУ. Серия Физ. астрон. 1994. Т.35. №4. С. 71-76.
5. Гладких Ю.П., Завражина В.И. О гидроксилровании поверхности сульфатов кальция в водных средах и процессах их твердения // ЖПХ. 2006. №2. С. 184-187.

## РЕСУРСОЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ КЕРАМИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ

Гладких Ю.П., канд. хим. наук, доц.,  
Миженина А.В., студент

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

В условиях рыночной экономики создание новых ресурсосберегающих и экономических выгодных вяжущих систем и технологии изготовления материалов и изделий различного назначения на их основе, в том числе и керамических, является актуальной проблемой.

Одним из путей ресурсосбережения и удешевления производства материалов и изделий является использование в качестве основного сырья вторичных материальных ресурсов, отходов промышленности, хранящихся в отвалах, шламо – и шлаконакопителях, хвостохранилищах. Утилизация отходов и побочных продуктов промышленности приводит, кроме удешевления производства материалов и изделий, к высвобождению площадей земельных угодий и улучшению экологической обстановки в регионе нахождения отходов промышленности.

В связи с удорожанием энергоресурсов и транспортных перевозок, целесообразно использовать местное вторичное сырье. Регион КМА имеет многотоннажные отходы горнорудной промышленности, в том числе кварцсодержащие вскрышные скальные породы – метаморфические кристаллические сланцы, кварцитопесчаники, кварцевый песок, карбонатные породы – мел и известняк и др., которые в настоящее время не применяются в качестве основного керамического сырья. Это нетрадиционное керамическое сырье уступает по своим керамо-техническим свойствам традиционному глинистому сырью. В то же время литературные данные по щелочесиликатным вяжущим системам свидетельствуют о том, что на основе кварцсодержащего вторичного сырья, используя обычную обжиговую технологию можно получать высококачественные стеновые и облицовочные керамические материалы [1-2].

Научно-обоснованный с позиции физико-химии подход к организации новых эффективных керамических композиций и анализ взаимосвязи их состава, свойств, физико-химических процессов, протекающих при структурообразовании и свойств керамических

изделий на основе этих композиций дают основание полагать, что возможна организация новых эффективных керамических композиций. Наиболее целесообразно, по нашему мнению, является использование дешевого стекольного боя в качестве щелочного компонента.

Целью настоящей работы является организация новых эффективных малокомпонентных керамических вяжущих композиций на основе кварцсодержащего сырья и отходов горнорудной промышленности региона КМА и исследование их вяжущих свойств и возможности изготовления из этих керамических композиций качественных строительных керамических изделий.

Основным объектом исследования служили метаморфические сланцы Лебединского месторождения, имеющие следующий средний химический состав, масс. %:  $\text{SiO}_2$  – 60,21;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 15,36;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 2,84;  $\text{FeO}$  – 5,78;  $\text{TiO}_2$  – 0,63;  $\text{CaO}$  – 1,17;  $\text{MgO}$  – 3,76;  $\text{K}_2\text{O}$  – 4,42;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 0,37;  $\text{S}$  – 1,24; прочие – 4,04.

Минералогический состав кристаллических сланцев следующий: кварц – 30-54%, биотит – 20-30%, серицит до 30%, акцессорные минералы до 10%, в том числе пирита до 2 %.

В композициях использовали молотое листовое (оконное) стекло следующего примерного химического состава, масс %:  $\text{SiO}_2$  – 71,75;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 0,5-1,0;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 0,1;  $\text{CaO}$  – 8-10,5;  $\text{MgO}$  – 1-4;  $\text{K}_2\text{O}$  до 1,0;  $\text{Na}_2\text{O}$  – 13-15;  $\text{SO}_3$  – 0,3-0,7.

Керамические композиции готовили следующим образом. Смесь кристаллических сланцев со стеклосодержащим порошком подвергали совместному помолу. К полученному порошку добавляли воду в количестве 12% и тщательно перемешивали. Из полученного пресс-порошка путем прессования при удельном давлении 20 МПа формовали цилиндрические образцы диаметром и высотой 0,020 м. Сформованные образцы сушили 1 час в сушильном шкафу при температуре 105<sup>0</sup>С, затем помещали в муфельную печь и осуществляли термообработку образцов при температуре 900<sup>0</sup>С в течение 2 часов.

В качестве критерия вяжущих свойств композиций использовали прочность при сжатии образцов из них. Для определения предела прочности образцов при сжатии использовали пресс гидравлический ПГМ 100 МГ4.

Водостойкость образцов рассчитывали по отношению предела прочности водонасыщенных образцов, полученных при 4-х часовом кипячении их в воде, к пределу прочности сухих образцов.

Водопоглощение полученных образцов определяли гравиметрическим методом. Для этого взвешенные образцы погружали

в воду и выдерживали их до установления постоянного веса. Расчет водопоглощения производили по формуле:

$$W = \frac{m_{\text{вн}} - m_0}{m_0} \cdot 100\%$$

где  $m_{\text{вн}}$  - масса водонасыщенных образцов,  $m_0$  - масса сухих образцов.

В таблице приведены составы керамических композиций и результаты физико-химических испытаний полученных образцов.

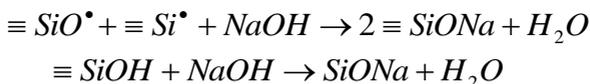
Таблица

Составы керамических композиций и физико-химические свойства керамических изделий, изготовленных обжигом их при 900<sup>0</sup>С

№ смесей	Составы композиций, %		Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Водопоглощение, %	Предел прочности при сжатии, Мпа	Коэф. водостойкости
	Метаморфические сланцы	Стеклобой				
1	100	–	1800	15,4	16,8	0,87
2	99	1	1800	14,5	23,6	0,92
3	97,5	2,5	1800	14,3	39	0,93
4	95	5	1814	13,9	53	0,94
5	90	10	1820	12,7	109	0,94

Из таблицы видно, что метаморфические сланцы после их механохимической подготовки обладают вязущими свойствами и из них можно изготовить керамические образцы с удовлетворительными физико-механическими показателями. По-видимому, вязущие свойства метаморфических сланцев обеспечиваются за счет протекания при повышенных температурах реакций конденсации и поликонденсации их диспергированных частиц. В литературных источниках на основании ИК и ЯМР – спектроскопических исследований указывается на наличие парных и одиночных силанольных групп на поверхности кремнеземов и алюмосиликатов. Последние сохраняются вплоть до высоких температур 800-1100<sup>0</sup>С, что обуславливает участие их в поликонденсационных процессах, обеспечивающих прочность образцов.

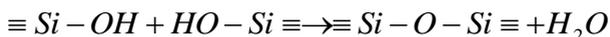
Наличие в метаморфических сланцах цеолитоподобных включений с ионами натрия и главным образом калия, а также слюд, которые могут выполнять роль подложки при эпитаксиальном росте новообразований, способствует интенсифицированию процессов структурообразования и омоноличиванию всех компонентов сланцев в достаточно прочный искусственный водостойкий камень. Введение в состав метаморфических сланцев молотого стеклобоя приводит к заметному повышению физико-механических характеристик образцов. Последнее можно связать с частичным растворением диспергируемого стекла и созданием за счет этого на межфазной границе метаморфические сланцы – стекло щелочной реакции. Повышение на указанной границе рН способствует быстрой гидратации молотых сланцев. В общем случае взаимодействие гидроксида натрия с поверхностью кремнеземсодержащих веществ можно представить следующими схемами реакции:



Процесс взаимодействия гидроксида натрия с кристаллической структурой кварца описывается следующим химическим уравнением:



Образующиеся группы  $\equiv \text{SiOH}$  способны к реакциям конденсации и поликонденсации:



Таким образом, в изучаемой системе происходит ряд параллельных и последовательных реакции, скорость которых может контролироваться как кинетикой химических процессов, так и диффузией реагирующих компонентов к поверхности раздела фаз, где происходит химическое взаимодействие, или образующихся продуктов из зоны реакции. В результате взаимодействия указанных компонентов кроме отмеченных продуктов реакций образуются алюмо- и железосиликаты натрия, которые по структуре и морфологии аналогичны природным цеолитам. Образующиеся цеолитоподобные структуры позволяют интенсифицировать процессы структурообразования и поликонденсации и выступают вместе с модифицированными слюдами в роли матрицы при формировании новообразований, обеспечивающих высокую прочность керамического камня. Иными словами, композиции из метаморфических сланцев и боя стекла являются весьма эффективными керамическими вяжущими и

могут рекомендоваться для изготовления высококачественных стеновых керамических изделий, получаемых термообработкой не выше 900<sup>0</sup>С. Использование отходов горнорудной промышленности – кристаллических сланцев и промышленности строительных материалов и строительства – стеклобоя в качестве сырьевых материалов для керамической композиции позволяет отнести эту обычную обжиговую технологию изготовления керамических изделий из указанной композиции к ресурсосберегающим, улучшающей экологическую обстановку в местах нахождения этих отходов. К тому же, благодаря низкой температуре обжига применение композиций «кристаллические сланцы – стеклобой» позволяет обеспечить энергосбережение при изготовлении керамических изделий.

#### **Список литературы:**

1. Гладких Ю.П., Феськова Т.Ю. Проектный менеджмент технологических инноваций на основе вскрышных пород КМА // Вестник Белгородского государственного технологического университета им.В.Г. Шухова. 2004. №8. С. 162-164.
2. Гладких Ю.П., Завражина В.И. Нанотехнологии эффективных композиционных материалов / Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности. Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования, образование: сб. докладов 4-ой Междунар. науч.-практ. конф. // Санкт-Петербургский политех. ун-т (Санкт-Петербург, 2-5 ноября 2007 г.), Санкт-Петербург, 2007. Т.10. С. 102-104.

## **КИНЕТИКА ТВЕРДЕНИЯ ГИПСОВЫХ СУСПЕНЗИЙ В ПЕРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ**

**Гладких Ю.П., канд. хим. наук, доц.,**

**Перчун А.А., студент**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Как известно, гипс является одним из древнейших строительных материалов, и его использование в современном строительстве опирается на тысячелетний опыт предыдущих поколений. За последние двадцать лет применение гипсовых вяжущих в промышленно развитых странах существенно возросло. Рост популярности этих материалов, в первую очередь, обусловлен тем, что сырье для производства гипса (как природного, так и техногенного происхождения) не является дефицитным. Производство гипсовых вяжущих отличается меньшей энергоемкостью и требует более низких капиталовложений. Материалы на их основе безопасны для здоровья человека, обладают хорошими тепло- и звукоизоляционными характеристиками, повышенной огнестойкостью и сравнительно невысоким удельным весом. При этом способность гипса отдавать или поглощать влагу (в зависимости от влажности воздуха) обеспечивает регулирование микроклимата, что позволяет поддерживать комфортные условия проживания и делает гипсосодержащие материалы незаменимыми при внутренней отделке помещений. Однако наряду с очевидными достоинствами материалы на основе гипсовых вяжущих имеют три значительных недостатка: – низкую водостойкость; – низкую морозостойкость; – невысокую прочность и высокую ползучесть.

Решение данных проблем позволит существенно расширить область применения гипсовых вяжущих и создавать материалы с высокими эксплуатационными свойствами для различных областей строительства.

Свойства композиционных материалов в значительной степени зависят от свойств компонентов, входящих в их состав. Поэтому изменением свойств составных частей композиционных смесей, равно как и самой композиционной суспензии можно целенаправленно изменять свойства последних. Основными компонентами неорганических вяжущих смесей является вяжущее, наполнитель и вода затворения.

Известны различные способы изменения свойств твердеющей гипсовой суспензии, в частности использование электромагнитных полей [1-4]. На наш взгляд, исследованиям, связанным с влиянием этих полей на процессы формирования композиционных структур уделено недостаточное влияние.

В настоящей работе исследовано влияние переменных электрических полей в интервале частот  $10^1$ - $10^6$  Гц на кинетику твердения гипсовых суспензий.

Объектом исследования служили гипсовые суспензии, получаемые при смешивании гипса Г-5 ГОСТ 4013-74, произведенного ОАО «Гипс КНАУФ», с дистиллированной водой. Водогипсовое отношение составляло 0,6.

Приготовленную смесь помещали в прямоугольные ячейки из органического стекла длиной 0,1м, торцовые стороны которых изготовляли из нержавеющей стали размером (0,025x0,025м) через которые к суспензии с помощью низкочастотного генератора сигналов ГЗ-112/1 подводилось переменное электрическое поле определенной частоты.

О влиянии переменных электрических полей на физико-химические процессы, протекающие при формировании гипсовых структур судили по изменению их электросопротивления. Электросопротивление гипсовых суспензий определяли с помощью моста переменного тока Е7-11 [1].

На рис. 1 представлены кривые изменения электросопротивления твердеющих гипсовых суспензий. Из рис. видно, что все кривые аналогичны по форме и на них можно выделить три характерных участка ab, bc, cd (см. кривая 1). Участок ab характеризуется незначительным увеличением электросопротивления (индукционный период), на участке bc оно резко возрастает, после чего на участке cd наблюдается постепенное его увеличение. Известно, что в процессе твердения гипса протекает ряд сложных параллельных процессов: растворение, гидратация, коллоидация, кристаллизация и перекристаллизация продуктов твердения, поэтому можно полагать, что выделенные участки характеризуют преимущественное протекание тех или иных процессов в твердеющей гипсовой суспензии [5].

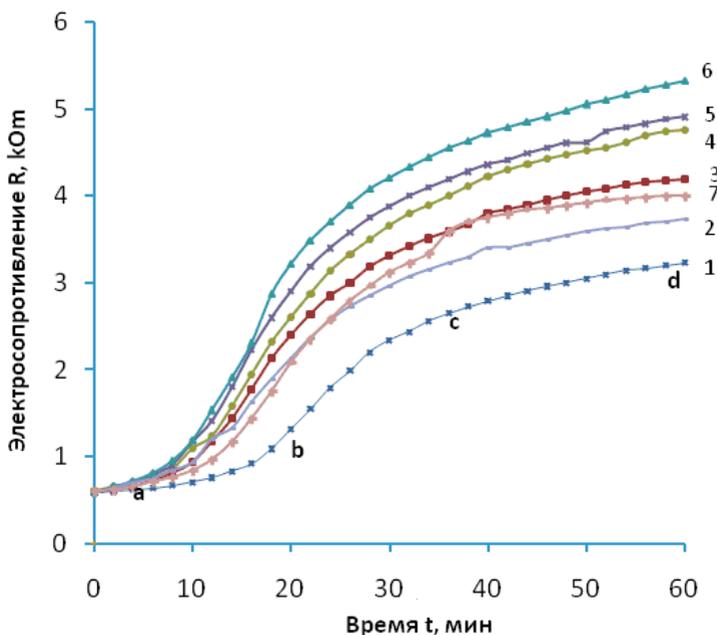


Рис. 1. Зависимость величины электросопротивления в процессе твердения полуводного гипса при различных частотах переменного электрического тока

1 – контрольный образец; 2 – 10 Гц; 3 – 10<sup>2</sup> Гц; 4 – 10<sup>3</sup> Гц; 5 – 10<sup>4</sup> Гц; 6 – 10<sup>5</sup> Гц; 7 – 10<sup>6</sup> Гц

С целью получения большей информации было проведено дифференцирование указанных кривых. На рис. 2 представлены кинетические кривые изменения скорости электросопротивления. Из рисунка (кривая 1) видно, что эта скорость (участок *ab*) вначале изменяется незначительно, затем следует ее резкое возрастание до максимального значения (участок *bc*). В дальнейшем наблюдается быстрое падение скорости электросопротивления (участок *cd*) и затем ее медленное уменьшение (участок *df*). Согласно литературным данным, при смешении гипса с водой происходит гидратация и гидрокселирование как растворенных, так и нерастворенных частиц гипса.

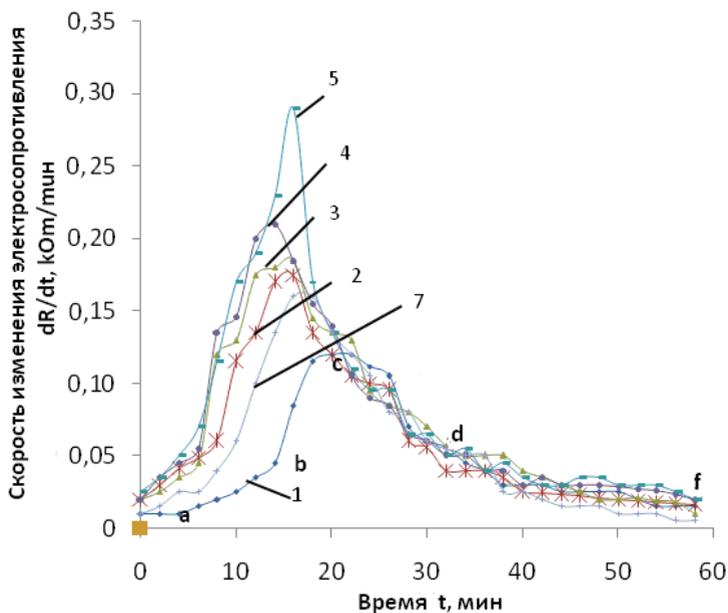


Рис. 2. Зависимость скорости изменения электросопротивления в процессе твердения полуводного гипса при различных частотах переменного электрического тока:  
 1 – контрольный образец; 2 – 10 Гц; 3 – 10<sup>3</sup> Гц; 4 – 10<sup>4</sup> Гц; 5 – 10<sup>5</sup> Гц;  
 7 – 10<sup>6</sup> Гц

Процессы твердения гипсовых вяжущих обусловлены кислотно-основной конденсацией гидроксированных частиц этих вяжущих, которая и приводит к их коллоидации и кристаллизации.

Выделенные участки на рисунке отражают преимущественное протекание тех или иных процессов в твердеющей гипсовой суспензии. Незначительное изменение скорости электросопротивления на участке *ab* можно объяснить протеканием конкурирующих процессов растворения и гидратации и гидроксирования частиц гипса. Резкое возрастание скорости изменения электросопротивления на участке *bc* с момента времени, соответствующего точке *b*, можно объяснить преваживанием процесса, препятствующему дальнейшему увеличению концентрации растворенных частиц. Очевидно, таким процессом может быть процесс конденсации, сопровождающийся

образованием частиц коллоидных размеров. Быстрое уменьшение скорости падения электросопротивления на участке *cd* обусловлено, по-видимому, выделением заметного количества воды за счет процессов конденсации и коагуляции образовавшихся коллоидных частиц способствующей дальнейшему гидроксигированию частиц гипса. Наблюдающееся медленное падение скорости изменения электросопротивления на участке *de* можно связать с преимущественным формированием конденсационно-кристаллизационных структур, в последующем их перекристаллизацией, затрудняющих перемещение заряженных частиц.

Сравнение кривых рисунка показывает, что отмеченные выше стадии, характеризующие преимущественное протекание соответствующих физико-химических процессов имеют место и в случае твердения гипсового вяжущего в переменных электрических полях всего диапазона исследуемых частот.

Однако при увеличении частоты переменного электрического поля происходит изменение интенсивности указанных процессов твердения гипса. Особенно это наглядно отражено на процессах, связанных с образованием коллоидных частиц и их последующей конденсации и коагуляции. Для всех кинетических кривых, отражающих твердение гипса в переменных электрических полях, наблюдается изменение величины пика кривых по сравнению со значением пика кривой, полученной при твердении гипса в естественных условиях. С ростом частоты имеет место смещение влево пиков кривых, отражающих твердение гипсового вяжущего в переменных электрических полях относительно кривой твердения контрольного образца. Иными словами говоря, основное различие кинетических кривых рис. 2 наглядно проявляется в максимальных значениях скорости изменения электросопротивления при твердении гипсового вяжущего. При твердении последнего в естественных условиях величина пика имеет наименьшее значение и заметно меньше этой величины, соответствующей кинетическим кривым твердения гипса в переменных электрических полях. Вместе с тем при увеличении частоты переменного тока растет и величина пика на соответствующих кривых рис. 2, достигая наибольшего значения для частоты равной  $10^5$  Гц, что свидетельствует о значительном увеличении интенсивности физико-химических процессов, протекающих при формировании гипсовых структур. Последнее можно объяснить тем, что составные части гетерогенной гипсовой суспензии (молекулы воды, их ассоциаты, гидратированные ионы, коллоидные частицы гипса) под действием

переменного электрического поля совершают непрерывные колебательные движения, которым соответствует определенные характеристические частоты. При воздействии на эту систему полем заданной частоты возможен резонанс с частотой колебаний определенной группы молекул. Как следствие, это приводит к деформации или разрыву связей в физико-химической системе. О резонансном механизме активации гипсового вяжущего свидетельствует уменьшение интенсивности физико-химических процессов, сопровождающих формирование гипсовых структур при частоте переменного электрического тока  $10^6$  Гц.

Таким образом, воздействием переменных электрических полей можно значительно активировать протекание физико-химических процессов в твердеющей гипсовой суспензии и добиться весьма существенного повышения физико-механических характеристик гипсовых структур. Прирост прочности гипсовых образцов на сжатие при частоте переменного электрического тока  $10^5$  Гц составил 78 %.

#### **Список литературы:**

1. Горленко Н.П., Дунаевский Г.Е., Саркисов Ю.С. О механизме влияния электрических полей на водосодержащие объекты // Вестник ТГАСУ. 2003. №2. С. 173-179.
2. Горленко Н.П., Еремина А.Н., Саркисов Ю.С. Электромагнитная обработка жидкости затворения цементных композиций // Физика и химия обработки материалов. 2004. №5. С. 98-102.
3. Головлева В.К., Горленко Н.П., Дунаевский Е.Г. Активация вяжущих дисперсий электромагнитными полями и излучениями / Междунар. конф. по нетрадиционным технологиям им. Жукова, Томск, 1999. С. 66-69.
4. Заяханов М.Е. Повышение эффективности вяжущих и бетонов электромагнитной активацией: Автореф. дис. докт. техн. наук. Улан-Удэ, 2004. 39 с.
5. Гладких Ю.П., Завражина В.И. О гидроксилровании поверхности сульфатов кальция в водных средах и процессах их твердения // ЖПХ. 2006. №2. С. 184-187.

## ДВУХСТОРОННЕЕ ПРЕССОВАНИЕ ПОРОШКООБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА БАЗЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРЕССА

Головкова О.Н., студент,  
Требукова Н.С., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

В процессе производства изделий из порошкообразных смесей применяется процесс прессования [1]. Однако в настоящее время не существует прямых методов экспериментальной оценки качества получаемого при прессовании полуфабриката. В первую очередь, невозможно выполнить экспресс-анализ на основе экспериментальных исследований распределения плотности  $\rho$  в горизонтальном и вертикальном сечениях прессуемого образца, так как это распределение зависит от многих факторов, в том числе и от способа прессования. В целом имеется проблема определения физического параметра в процессе прессования полуфабрикатов из порошкообразных смесей в виде некоторой картины распределения плотности в них. Если бы имелась возможность определения этих данных, то соответственно они бы позволили судить о прочности полученных полуфабрикатов ещё до начала процесса термообработки, а также давали бы возможность проектировать пресс-формы с возможностью управления этими параметрами. Среди существующих способов прессования следует отметить основные три, при которых порошкообразная смесь уплотняется:

- с помощью прессов с односторонним давлением;
- с помощью прессов с двухсторонним давлением;
- с помощью прессов с двухсторонним давлением, прикладываемым последовательно.

Известно, что однородное уплотнение достигается только при всестороннем постоянном прессовании, что в теоретическом плане возможно только для жидкости. Анализ существующих экспериментальных исследований [2] распределения плотности  $\rho$  при одностороннем прессовании с учётом неподвижной формы показывает, что распределение  $\rho$  в целом не равномерно в вертикальном сечении образца с учётом приложения давления в этом же направлении, причём экспериментальные данные при одностороннем прессовании показывают, что распределение  $\rho$  может быть неравномерно не только в вертикальном сечении образца, но и в горизонтальном его сечении.

Экспериментальные данные [3] распределения плотности образца при одновременном двухстороннем давлении и с учётом неподвижной формы показывают, что распределение  $\rho$  более равномерно в вертикальном сечении образца, чем при одностороннем прессовании.

Существует подход [3, 4], однако определить распределение плотности, например, в керамических полуфабрикатах после прессования в вертикальных и горизонтальных сечениях весьма сложно, причём как с помощью экспериментальных исследований, так и на основе вычислительных экспериментов. Это связано с тем, что для вычислительных экспериментов не определены постоянные коэффициенты, входящие в уравнение. Коэффициенты предлагается определять и корректировать в процессе производства на основании опытных данных. Для получения такой информации необходимо использовать современные подходы автоматизированного мониторинга исследуемых процессов на базе автоматизированных систем нижнего уровня, входящих в состав многоуровневой автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) производства керамических изделий.

Рассмотрим особенности одной из систем, входящей в состав нижнего уровня АСУТП, предназначенной для проведения операций прессования изделий из порошкообразных смесей на базе гидравлического пресса К/РУ-160 [2], показанной на рис. 1.

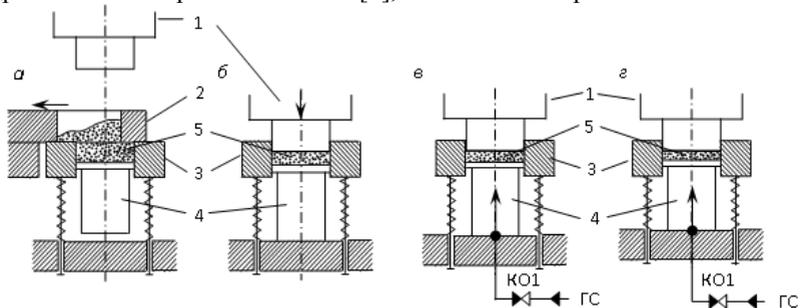


Рис. 1. Схема процесса прессования порошкообразной смеси на базе гидропресса

*а* – заполнение формы; *б* – уплотнение смеси; *в* – предварительное прессование смеси; *г* – окончательное прессование смеси

Обозначения на схеме процесса прессования (см. рис. 1) следующие: верхний штамп 1, каретка 2, матрица 3, нижний штамп 4, порошкообразная смесь 5, клапан обратный КО1 в гидравлической

системе ГС прессы. Последовательность основных операций этого процесса следующая. В исходном положении в условиях процесса прессования изделий верхняя траверса со штампом 1 находится в крайнем верхнем положении (см. рис.1, а). В этой позиции каретка 2 выполняет двойной ход и заполняет пространство формы между нижним штампом 4 и матрицей 3. После этого верхний штамп 1 движется вниз и предварительно уплотняет смесь (см. рис.1, б). Затем происходит первое удаление воздуха из смеси и начинается предварительное прессование (при подъёме верхнего штампа 1 и его фиксации одновременно начинается выдвигание нижнего штампа 4, причём это происходит относительно медленно). Предварительное прессование порошка осуществляется нижним штампом (см. рис.1, в). Затем происходит второе удаление воздуха из смеси и наступает окончательное прессование смеси нижним штампом 4 (см. рис.1, г).

Согласно диаграмме прессования при двухстороннем давлении с неподвижной формой [2] основная последовательность этого процесса следующая (рис. 2).

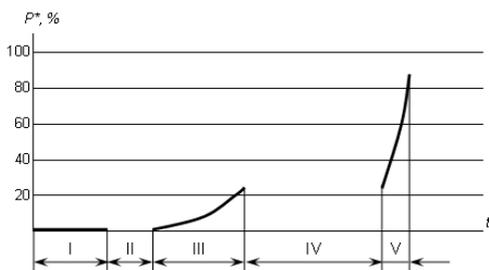


Рис. 2. Диаграмма прессования при двухстороннем давлении

Последовательность операций при прессовании следующая: I – первое предварительное уплотнение порошка (осуществляется верхним штампом с прессующей силой порядка 10 кН на 2 плитки); II – первое удаление воздуха из смеси и начинающееся предварительное прессование (при подъёме верхнего штампа и его фиксации одновременно начинается выдвигание нижнего штампа, причём это происходит медленно); III – предварительное прессование порошка (осуществляется нижним штампом); IV – второе удаление воздуха из порошка; V – окончательное прессование порошка (осуществляется нижним штампом). Следует отметить, что двухстороннее прессование в

определённых случаях применяется, также и в процессах прессования силикатных изделий из порошкообразных смесей.

Экспериментальные исследования в натуральных условиях на базе автоматизированных систем нижнего уровня АСУТП, на основе «интеллектуальных» датчиков технологических параметров, осуществляющих непрерывно или с минимальным интервалом усреднения измерение параметров процесса, а затем с помощью контроллеров КСУ, осуществляющих в заданном цикле интервала усреднения круглосуточный сбор измерительных данных с этих датчиков, накопление, обработку и передачу их в систему автоматизации, будет получена информация, необходимая для углублённого исследования формуемых с помощью гидравлических прессов керамических изделий из порошкообразных смесей.

Выводы: для получения практических результатов с учётом особенностей процессов прессования полуфабрикатов необходимо развивать математическую модель [3] в направлении её применения для различных порошкообразных смесей. В настоящее время известны постоянные коэффициенты только для прессования силикатных изделий. Важно разработать методику экспериментального определения распределения  $\rho$  в образцах с выходом на вычислительный эксперимент.

#### Список литературы:

1. Зейфман М.И. Изготовление силикатного кирпича и силикатных ячеистых материалов. М.: Стройиздат, 1990. 184 с.
2. Maschinelle Formgebung von Keramik / D. Hulsenderg, H-G. Kruger, T. Rothis, G. Ferriere. – VEB, Deutscher Verlag fur Grundstoffindustrie, Leipzig, 1980. (Механизация процессов формования керамических изделий / Д. Хюльзенберг, Х-Г. Крюгер, Т. Рётиг, Г. Ферриер.). М.: Стройиздат, 1984. 263 с.
3. Potapenko A.N., Titov A.G., Potapenko E.A. Modeling and Optimization Possibilities for the Process of Compaction of Objects with Cavities / In a book: Materials and Processing Trends for PM, Components in Transportation. Munich, Germany: EPMA, 2000. V.1. P. 102–110.
4. Ломакин В.В. Автоматизация производства силикатного кирпича на базе программно-аппаратных комплексов управления: Автореф. дис. канд. тех. наук. Белгород, 2002. 18 с.
5. Требукова Н.С. Разработка компьютерного моделирования процесса прессования керамических изделий с коррекцией на основе экспериментальных исследований // БГТУ им. В. Г. Шухова.

# **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПРЕССОВАНИЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

**Дьяченко А.Д., студент,  
Требукова Н.С., ст. преп.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

В Белгородской области вопрос автоматизации производства изделий из порошкообразных смесей стоит очень остро. Регион развивается, активно строится, для чего необходимы, в том числе и керамические изделия. Автоматизация производства позволяет повысить производительность производства и качество готового продукта.

В процессе производства изделий из порошкообразных смесей применяется процесс прессования [1]. Однако в настоящее время не существует прямых методов экспериментальной оценки качества получаемого при прессовании полуфабриката. В первую очередь, невозможно выполнить экспресс-анализ на основе экспериментальных исследований распределения плотности  $\rho$  в горизонтальном и вертикальном сечениях прессуемого образца, так как это распределение зависит от многих факторов, в том числе и от способа прессования. В целом имеется проблема определения физического параметра в процессе прессования полуфабрикатов из порошкообразных смесей в виде некоторой картины распределения плотности в них. Если бы имелась возможность определения этих данных, то соответственно они бы позволили судить о прочности полученных полуфабрикатов ещё до начала процесса термообработки, а также давали бы возможность проектировать пресс-формы с возможностью управления этими параметрами. Следует отметить основные три способа прессования, при которых порошкообразная смесь уплотняется:

- с помощью прессов с односторонним давлением;
- с помощью прессов с двухсторонним давлением;
- с помощью прессов с двухсторонним давлением,

осуществляемого последовательно.

Для получения первичной информации об особенностях процессов формования, способствующих достижению более высокой прочности торцов изделий из порошкообразных смесей (за счёт повышения

плотности), при одностороннем прессовании по методу опускания матриц или двухстороннем прессовании образцов, а также для более углублённого исследования других способов прессования необходимы результаты, полученные в натуральных условиях. Для набора статистических результатов при проведении экспериментов необходимо использовать современные подходы автоматизированного мониторинга исследуемых процессов на базе автоматизированных систем нижнего уровня, входящих в состав многоуровневой автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУТП) производства керамических изделий.

Особенность АСУТП производства керамических изделий заключается в применении современных технологий автоматизации (рис. 1). Структура АСУТП среднего и верхнего уровней содержит контроллеры среднего уровня  $KCY_i, \dots, KCY_j$ , связанные с контроллерами регулирующих устройств  $PY_i, \dots, PY_n$  нижнего уровня на основе интерфейса RS-485, устройства для «разветвления» сигналов в сегменте сети  $HUB_i, \dots, HUB_j$ . С учётом территориально-распределённого оборудования при производстве керамических изделий в АСУТП используется интеграция различных сетей, например, на базе RS-485 и технологий Ethernet локальной вычислительной сети (ЛВС). В структуре системы имеются автоматизированные рабочие места (АРМ) специалистов предприятия  $АРМ_k$  и операторов управления распределёнными объектами  $АРМ_i, \dots, АРМ_j$  (туннельным сушилом, туннельной печью, гидравлическим прессом и др.), центральный пульт управления ЦПУ на базе сервера с АРМ диспетчера, персональные компьютеры  $ПК_j, \dots, ПК_n$  в сети ЛВС и персональные компьютеры  $ПК_i, \dots, ПК_m$  в сети Internet с учётом возможного удалённого доступа к информации АСУТП и др.

Структура АСУТП нижнего уровня [2] содержит следующие элементы, входящие в состав локальных систем автоматического регулирования  $САР_i, \dots, САР_k$  (см. рис. 1): датчики технологических параметров  $D_i, \dots, D_{nj}$ , объекты управления  $OU_i$ , гидравлический пресс двойного действия (РОУ) и др.), регулирующие устройства  $PY_i, \dots, PY_n$  на базе контроллеров, регулирующие органы  $PO_i$ . В автоматизированной системе предусмотрено управление типа старт/стоп агрегатами или оборудованием  $AB_i, \dots, AB_j$  системы через модули ввода/вывода аналоговых и/или дискретных сигналов  $MB_{ni}, \dots, MB_{nj}$ , а также применение автоматизированной системы мониторинга на базе аналоговых датчиков технологических параметров  $ДА_i, \dots, ДА_j$  через модули ввода/вывода аналоговых сигналов  $MB_{ki}, \dots, MB_{kj}$ ,

«интеллектуальных» датчиков  $ДИ_i$  и «интеллектуальных» измерительных приборов  $ПИ_j$  и др. В структуре АСУТП на нижнем уровне используется промышленная сеть на основе RS-485. В сети RS-485 установлены усилители-повторители сигнала  $УП_i$ . Особенности одной из систем, входящей в состав нижнего уровня АСУТП, предназначенной для проведения операций прессования изделий из порошкообразных смесей на базе гидравлического пресса К/РУ-160 [3].

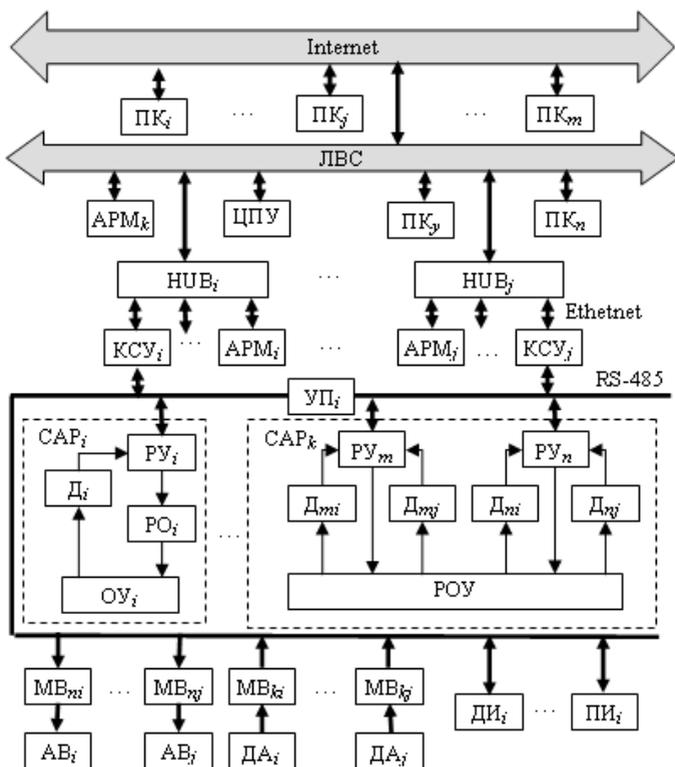


Рис. 1. Блок-схема АСУТП производства керамических изделий

На этом уровне АСУТП для исследования особенностей процесса прессования керамических изделий из порошкообразных смесей в структуру  $САР_k$  включаются дополнительные датчики для экспериментальных исследований в виде быстродействующих оптических линейных энкодеров  $ДИ_k$  и датчиков давления  $ДИ_m$  типа

«Метран-150». Датчики давления  $ДИ_m$  входят соответственно в контуры регулирования  $РУ_m$  верхнего прессующего механизма и контуры регулирования  $РУ_n$  нижнего прессующего механизма гидравлического пресса. Эти датчики установлены в гидравлических системах низкого и высокого давления соответственно для перемещения верхнего и нижнего штампов. Линейные энкодеры  $ДИ_k$  установлены с учетом перемещения верхней траверсы со штампом 1 и прессующей траверсы с нижним штампом 4 относительно неподвижных колонн гидравлического пресса. Первичная информация с линейных энкодеров  $ДИ_k$  и датчиков давления  $ДИ_m$ , учитывая их отношение к датчикам «интеллектуального» типа, поступает в систему автоматизированного мониторинга АСУТП.

Для получения практических результатов с учётом особенностей процессов прессования изделий необходимо развить математическую модель [4] в направлении её применения для различных порошкообразных материалов. В настоящее время известны постоянные коэффициенты для прессования силикатного кирпича. Важно разработать методику экспериментального определения законов распределения  $\rho$  в образцах с выходом на вычислительный эксперимент.

Разработка некоторого алгоритма управления процессом прессования изделий из порошкообразных смесей на базе математической модели вязкоупругой среды для определения плотности прессуемого образца, если при прессовании принимается за основу перемещение штампа, вызывающего сжатие смеси, в виде некоторой S-образной характеристики, возможна в случае одностороннего прессования с учётом допущения о возможности запрессовки воздуха.

Использование дополнительных интеллектуальных датчиков на нижнем уровне АСУТП прессования позволит получать дополнительную информацию в процессе работы, позволяющую корректировать математическую модель процесса прессования в режиме работы, что позволит, в конечном итоге, изготавливать изделия с более равномерным распределением плотности, что повысит качество готовой продукции.

#### Список литературы:

1. Зейфман М.И. Изготовление силикатного кирпича и силикатных ячеистых материалов. М.: Стройиздат, 1990. 184 с.

2. Потапенко А.Н., Требукова Н. С., Семернин А. Н. Особенности подхода при определении распределения плотности в прессуемых образцах из порошкообразных смесей // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т.12. №4(3). – С. 587-590.
3. Maschinelle Formgebung von Ceramic / D. Hulsenderg, H-G. Kruger, T. Rothis, G. Ferriere. – VEB, Deutscher Verlag fur Grundstoffindustrie, Leipzig, 1980. (Механизация процессов формования керамических изделий / Д. Хюльзенберг, Х-Г. Крюгер, Т. Рётиг, Г. Ферриер). – М.: Стройиздат, 1984. 263 с.
4. Potapenko A.N., Titov A.G., Potapenko E.A. Modeling and Optimization Possibilities for the Process of Compaction of Objects with Cavities // In a book: Materials and Processing Trends for PM, Components in Transportation. Munich, Germany: EPMA, 2000. V.1. P. 102–110.

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА ЖИЛЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ**

**Елистратова Ю.В., магистрант,  
Семиненко А.С., ст. преп.,  
Минко В.А., д-р техн. наук, проф.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

В настоящее время жилой фонд городов представлен типовыми многоэтажными зданиями, оборудованными централизованными системами вертикально-однотрубного отопления. Вследствие различных причин (физический износ, некавалифицированное обслуживание и эксплуатация, поэтапная реконструкция т.д.) их признают энергорасточительными и нуждающимися в модернизации [1, 2].

Проблема энергосбережения в коммунально-бытовой сфере и строительстве на протяжении последнего десятилетия находится в центре внимания специалистов как строительного, так и теплоэнергетического профиля. Однако их подходы к повышению энергоэффективности инженерных систем существенно отличаются.

Ошибки при проектировании, монтаже, а также несанкционированное переоборудование систем отопления приводят к гидравлической разбалансировке, а соответственно и нарушению теплового режима помещений (основная причина обращений жильцов в управляющие компании). Часто пониженную температуру внутреннего воздуха связывают с низкой тепловой изоляцией наружных ограждений. Однако утепление здания (без должной модернизации системы отопления), снимая жалобы, только обостряет проблему низкой эффективности системы отопления, в связи с перерасходом тепловой энергии [3].

«Перетоп» помещений при этом устраняют, в лучшем случае, местным регулированием теплоотдачи отопительных приборов с помощью термостатов (либо другой регулирующей арматуры), в худшем – притоком холодного воздуха через открытые форточки. Для стимулирования населения к снижению теплопотребления разработаны рекомендации и программы по внедрению приборов индивидуального и общедомового учета тепла [4, 9].

Следует отметить, что замена материала трубопроводов, типа и количества секций отопительных приборов также не является лучшим

вариантом реконструкции, поскольку приводит к нарушению работоспособности системы отопления в целом, т.е. к тепловой и гидравлической разрегулировке [5].

Большинство энергосервисных компаний поддерживает концепцию энергосбережения Danfoss, заключающуюся в 4 принципах [6]: автоматическое поддержание температурного графика на вводе в здание; качественно-количественное регулирование теплоотдачи системы, включающее терморегулирование на отопительных приборах и стояках; автоматическое поддержание требуемого/расчетного распределения потока теплоносителя по всем участкам системы; индивидуальный учет тепла, мотивированный оплатой по фактическому потреблению. Однако такая практика не лишена недостатков [7]: дорогостоящая автоматика (автоматизированные узлы управления отоплением, балансировочные клапаны, термостаты, термораспределители) далеко не всегда достигает ожидаемого результата. Что объясняется отсутствием должной водоподготовки, качественного обслуживания и теоретического обоснования. Так вице-президент НП «АВОК», к.т.н. В.И. Ливчак отмечает: «Герметичные окна и неорганизованная приточная вентиляция плюс термостаты - путь к синдрому «больных» зданий» [7]. Т.е. при повышении энергоэффективности системы отопления необходимо учитывать работу системы вентиляции: внедрение термостатов должно быть обусловлено наличием постоянного воздухообмена в нормативном объеме.

Известно, что наиболее гидравлической и тепловой устойчивостью обладают горизонтальные системы [1, 6]. Выше заданным требованиям, в значительной степени отвечает система отопления (8), содержащая разводящие магистрали сетевой воды, местный тепловой пункт, подающий и обратный трубопроводы, сообщенные соответственно с вертикальными подающими и обратными стояками, к которым подключены поэтажные ветки с отопительными приборами. Система снабжена квартирными тепловыми пунктами, установленными на поэтажных ветках, каждая из которых ограничена одной квартирой и соединена соответственно с вертикальными подающим и обратным стояками, размещенными в этой квартире, каждый из которых сообщен посредством индивидуальных стояков с подающим и обратным трубопроводами.

Недостатком данного технического решения, ввиду особенностей работы систем водяного отопления, связанные с неравномерностью нагрева приточного воздуха, являются низкие санитарно-гигиенические

показатели помещений. Поэтому известные решения не позволяют обеспечить требуемые параметры тепловоздушного режима зданий.

На кафедре ТГВ БГТУ им. В.Г. Шухова разрабатывается способ реконструкции систем обеспечения тепловоздушного режима помещений многоэтажного жилого здания [10]. Предлагаемая схема инженерных систем, по технической сущности схожа с выше описанным вариантом, однако объединение стояков в поквартирные ветви осуществляется с учетом минимизации изменения интерьера, сложившегося в квартирах, а также дополнительно содержит приточную установку, два подающих и обратных стояка для приточной установки и радиаторов соответственно.

В качестве отопительных приборов устанавливаются радиаторы, присоединенные к поэтажным горизонтальным веткам, которые подключаются к стоякам системы отопления. Один из этих стояков является подающим, а другой обратным. Эти два стояка ограничивают длину поэтажных веток одной квартирой. С целью уменьшения материальных затрат, существующие стояки не заменяются на новые, они имеют исходное расположение. Приточная установка устраивается на кухне и подключается к (оставшимся двум подающему и обратному стоякам) подающему и обратному стоякам, сообщенными с подающим и обратным трубопроводами системы отопления, так же как и подающий и обратный стояки для подвода и отвода теплоносителя от радиаторов.

Благодаря тому, что предлагаемая схема дополнительно содержит приточную установку, в помещении (группе помещений) осуществляется постоянное поступление и подогрев свежего воздуха, что соответствует повышению санитарно-гигиенических условий отдельных помещений, так и здания в целом. Кроме того данное решение обеспечит снижение требуемой тепловой мощности радиаторов, что приведет к повышению эффективности индивидуальной регулировки потребления тепловой энергии.

Система обеспечения тепловоздушного режима зданий (см. рис.1) содержит подающий трубопровод 1 и обратный трубопровод 2 сетевой воды, сообщенные с индивидуальным тепловым пунктом 3, соединенным, в свою очередь, с подающим трубопроводом 4 системы отопления. К подающему трубопроводу 4 присоединен вертикальный подающий стояк 5, соединенный с поэтажной горизонтальной веткой 6.

К ветке 6 присоединены отопительные приборы 7. В тех же квартирах, где установлен вертикальный подающий стояк 5, установлен обратный стояк 8, который присоединен к обратному трубопроводу

системы отопления 9 и горизонтальной поэтажной ветке 6. Вертикальные стояки 5 и 8 ограничивают длину поэтажных веток 6 одной квартирой.

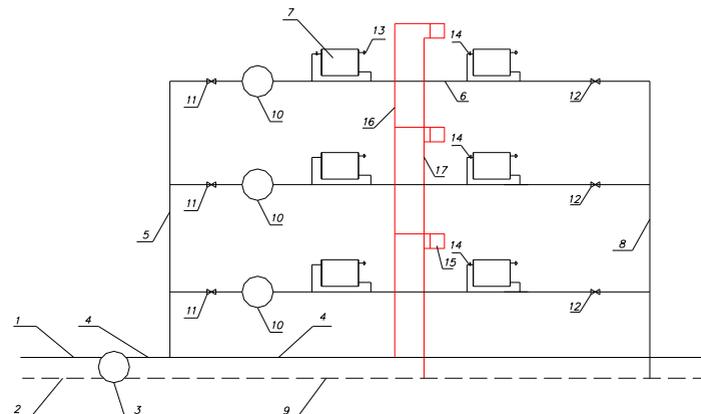


Рис. 1. Схема системы обеспечения тепловоздушного режима зданий

На каждой поэтажной ветке 6 установлен квартирный тепловой пункт 10, который служит для обеспечения подачи требуемого расхода теплоносителя и учета расхода теплоты на отопление каждой квартиры и регулирование температуры воздуха внутри помещения в зависимости от температуры наружного воздуха, поступления теплоты от солнечной радиации, тепловыделений в каждой квартире. Для отключения каждой горизонтальной ветки предусмотрены вентили 11 и 12. Воздушные краны 13 служат для удаления воздуха из отопительных приборов и веток 6. У отопительных приборов 7 могут устанавливаться краны 14 для регулирования расхода воды, проходящей через отопительные приборы 7. Приточная установка 15 подключена к подающему 16 и обратному 17 стоякам, соединенным с подающим 4 и обратным 9 трубопроводом системы отопления.

Предложенная система отопления обеспечивает высокие санитарно-гигиенические показатели в отапливаемых помещениях, экономию теплоты на отопление, эффективное регулирование температуры воздуха в помещении, более гибкая и маневренна в эксплуатации и, следовательно, более экономична.

### Список литературы:

1. Модернизация систем отопления зданий // Главный энергетик. 2013. №4. С. 35-38.
2. Кононова М.С. Выбор приоритетных энергосберегающих мероприятий при реконструкции систем отопления зданий // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2006. №10. С. 47-51.
3. Парамонова Е.Ю., Елистратова Ю.В., Семенов А.С. Проблема перетопов и недотопов в отопительный период // Современные наукоемкие технологии. 2013. №8-1. С. 48-50.
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 2446-р «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года».
5. Елистратова Ю.В., Семенов А.С., Минко В.А. Сравнительные критерии систем отопления / Энергосбережение и экология в жилищно-коммунальном хозяйстве и строительстве городов: Междунар. науч.-практ. конф. / Белгород. гос. технол. ун-т, Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 420 с.
6. Грановский В.Л. Энергоэффективные системы отопления: тенденции, практика, проблемы // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2011. №8. С. 40-47.
7. Ливчак В.И. Сомнения в обоснованности энергоэффективности принципов автоматизации систем водяного отопления по концепции ООО «Данфосс» // Энергосовет. 2012. №3 (22).
8. Патент РФ № 2148755 РФ: МПК F24D3/02. Новосельцев Б.П., Ходырев В.Ф., Шафеева Е.Б. Система отопления, преимущественно многоэтажных зданий / Патент России № 98121279/06.
9. Огаркова Т.Г., Елистратова Ю.В., Семенов А.С. К определению проектного расхода тепла на отопление // Современные наукоемкие технологии. 2013. №8-1. С. 44-48.
10. Колца Л.Н., Елистратова Ю.В., Семенов А.С. Повышение энергетической эффективности системы отопления 14-ти этажного жилого здания / Материалы V Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» URL: [www.scienceforum.ru/2013/43/5804](http://www.scienceforum.ru/2013/43/5804) (дата обращения: 06.10.2013).

## СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

**Коверина А.Ю., студент,**  
**Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доц.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Россия остается одной из ведущих энергетических держав мира, поскольку стремится удовлетворить постоянно растущую потребность в энергии. Вопрос о развитии атомной отрасли как одной из надежных источников энергии приобретает все большую актуальность в настоящее время.

**Атомная отрасль** – отрасль промышленности, занимающаяся добычей, переработкой и обогащением радиоактивного сырья, используемого далее либо как топливо в ядерной энергетике, либо для создания систем ядерного оружия.

Белгородская атомная отрасль сегодня является одной из передовых в России по уровню научно-технических разработок в области проектирования реакторов, ядерного топлива, опыту эксплуатации атомных станций, квалификации персонала АЭС. Предприятиями отрасли накоплен огромный опыт в решении масштабных задач. На сегодняшний день Белгородская область планирует дальнейшее активное развивать атомной отрасли.

В настоящее время компанией «АльтЭнерго» в Белгородской области реализованы три проекта по генерации на возобновляемых источниках. Для строительства биогазовых станций планируется активно привлекать российских производителей. ООО «Нефтегазиндустрия» займется производством и монтажом резервуарных конструкций, фундаментов, насосных станций. ООО «Интеллектуальные комплексы автоматики» – разработкой и внедрением автоматизированной системы управления технологическим процессом выработки биогаза. Профиль деятельности ЗАО научно-производственной компании «Юго-Восток Экология» – разработка, монтаж и наладка технологической части установки. Все вышеперечисленные предприятия зарегистрированы в Воронеже. Пятый участник подписанного соглашения – ОАО «Волжский дизель имени Маминых» из Саратовской области, сферу интересов которого составляют подготовка и очистка биогаза, а также автоматизация этих процессов.

Три основных направления дальнейшего развития атомной энергетики:

1. При повышении эффективности регулирования безопасности и управления действующими АЭС необходимо особо тщательно проводить и проверять обоснования их безопасности при продлении сроков службы, повышении мощности и реализации других экономических мероприятий.

2. Продолжение совершенствования конверсионных реакторов следующих поколений должно сопровождаться с предельной осторожностью размещения их исключительно в странах с достаточным уровнем культуры безопасности и в местах, не подверженных экстремальным внешним воздействиям.

3. Создание специализированных реакторов для мирного использования в энергетике следует осуществлять с привлечением, в том числе, и международных участников. Именно государственная постановка такой задачи вполне может быть названа «вторым атомным проектом».

Таким образом, атомная энергетика в Белгородской области является перспективной отраслью в энергетическом комплексе. На сегодняшний день, можно с уверенностью сказать, что атомная энергетика – это отрасль будущего.

#### **Список литературы:**

1. Официальный сайт ООО «АльтЭнерго», Белгород: Бел.ру, 2010 - <http://altenego.su>
2. Отраслевой информационный портал «Новости энергетики», Москва, 2013-<http://novostienergetiki.ru>
3. Информационное агентство ООО «Атомные связи», Москва, 2007-<http://www.atomic-energy.ru>
4. Карпенков С.Х., Концепции современного естествознания: Учебник для вузов. М.: Академический Проект, 2000. Изд. 2-е, испр. и доп. 639 с.
5. Постановление правительства Белгородской области от 08 июня 2009 № 183-пп, Белгород, Об утверждении Концепции развития биоэнергетики и биотехнологий в Белгородской области на 2009-2012 годы.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНДЕНСАЦИОННЫХ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ В АВТОНОМНЫХ КОТЕЛЬНОМ В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ КАК АЛЬТЕРНАТИВА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМУ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЮ**

**Кожевников В.П., канд. техн. наук, проф.,  
Кулешов М.И., канд. техн. наук, доц.,  
Губарев А.В., инженер,  
Мочалин А.А., аспирант,  
Титаренко Р.Ю., аспирант**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

На цели отопления и горячего водоснабжения жилых, общественных и промышленных объектов в России и странах СНГ расходуется около 1 млрд. т у.т., стоимость которого уже сегодня значительно превышает 1 триллион рублей в год. В последние годы цены на энергоносители в Российской Федерации приближаются к мировым. Поэтому эффект от экономии в теплоснабжении даже нескольких процентов топлива составляет многие десятки миллиардов рублей ежегодно [1].

Другим фактором актуальности топливосбережения в теплоснабжении является экологический фактор. Этот фактор заключается не только в уменьшении вредных выбросов в атмосферу, в том числе и выбросов парниковообразующих газов, при сжигании меньшего количества топлива, но и в многократном уменьшении удельных количеств загрязняющих веществ, генерируемых в водогрейных котлах малой мощности, по сравнению с генерацией их в котлах большой мощности [2].

В мире в настоящее время для теплоснабжения промышленных, гражданских и жилых зданий используется два основных типа систем теплоснабжения, а именно – системы централизованного и децентрализованного теплоснабжения.

Как главная преемница Советского Союза, Российская Федерация является страной с высокой степенью централизации теплоснабжения. В настоящее время преобладающими системами теплоснабжения жилых, общественных и промышленных объектов являются централизованные системы, включающие в себя квартальную или районную котельную, внешние тепловые сети и, непосредственно, теплопотребителей, с тепловыми пунктами, где в водо-водяных

теплообменниках (бойлерах) нагревается холодная вода хозяйственно-питьевого качества для целей горячего водоснабжения за счет тепла части сетевой воды. Другая часть сетевой воды подается непосредственно в систему отопления потребителя тепловой энергии.

Как показывает опыт эксплуатации систем централизованного теплоснабжения, они имеют ряд существенных недостатков, перечисленных ниже.

1. В этих системах используются водогрейные котлы с тепловым КПД, определенным по низшей теплотворной способности топлива, не превышающим 91–92%, при потерях тепла с уходящими газами около

$$\Delta Q_{у.г}^H = 7 - 8\%$$

. При этом скрытая теплота конденсации водяных паров, которые обязательно наличествуют в продуктах горения органического топлива, в статье тепловых потерь с уходящими газами не учитывается. Поэтому при оценке КПД того же котла и при тех же режимах работы по высшей теплотворной способности топлива он становится равным не 91–92%, а 78–80%, а потери тепла с уходящими газами возрастают с 7–8% до  $\Delta Q_{у.г}^B = 20 - 22\%$ , большая часть из которых, а именно около  $\Delta Q_{кпд} = 15\%$  реально и без особых затрат может быть полезно использовано на нужды теплоснабжения.

Кроме того, даже для достижения вышеуказанных низких значений КПД в традиционных водогрейных котлах с целью получения значений температур уходящих газов в пределах 110–130°C необходимы очень развитые поверхности конвективного теплообмена, которые обуславливаются неизбежным снижением средней разности температур между теплоносителями при минимальных значениях коэффициентов теплоотдачи и, соответственно, коэффициентов теплопередачи от продуктов сгорания топлива к нагреваемой сетевой воде. По этим причинам традиционные водогрейные котлы весьма громоздки, металлоемки и, как следствие, дороги.

2. Тепловые потери во внешних тепловых сетях в большинстве случаев превышают  $\Delta Q_{т.с} = 20\%$  (в отдельных случаях они достигают 50%), а содержание и периодическая реконструкция сетей требуют больших эксплуатационных и капитальных затрат. При реконструкциях сетей неизбежно разрушаются дорожные покрытия, тротуары, частично – другие подземные коммуникации, уничтожаются зеленые насаждения.

3. При значительной протяженности тепловых сетей с большим количеством потребителей теплоты различного назначения трудно, а часто и невозможно, обеспечить надлежащее регулирование

соответствия вырабатываемого тепла его потреблению, что также обуславливает вынужденный дополнительный перерасход топлива не менее, чем на  $\Delta Q_{\text{пер.}} \approx 15\%$ .

Таким образом, потери теплоты и, соответственно, перерасход топлива в централизованных системах теплоснабжения по пунктам 1, 2, 3 составляют:

$$\sum Q_{\text{п}} = \Delta Q_{\text{КПД}} + \Delta Q_{\text{т.с}} + \Delta Q_{\text{пер.}} = 15 + 20 + 15 = 50\%.$$

Устранение этих потерь позволит уменьшить топливопотребление на цели теплоснабжения в 2 раза.

4. Как показал опыт последних лет, тепловые сети, являясь звеном важнейших систем жизнеобеспечения, малонадежны.

5. Во внешних тепловых сетях имеют место значительные потери сетевой воды, которая прошла химводоочистку и является дорогим теплоносителем. Эти потери требуют соответствующей подпитки тепловых сетей при организации затратной химводоочистки.

6. При использовании в централизованных системах теплоснабжения водогрейных котлов средней и большой мощности возрастают удельные количества генерируемых вредных газообразных компонентов, в частности оксидов азота в 3–5 раз [2].

7. Доля стоимости топлива, например природного газа, в калькуляции стоимости тепла при централизованном теплоснабжении составляет около 25%, а основная часть себестоимости тепла приходится на содержание и ремонт тепловых сетей, а также восстановление городской инфраструктуры, нарушенной при их реконструкции. Поэтому себестоимость вырабатываемого тепла при переходе от централизованного теплоснабжения к индивидуальному снижается в 4–5 раз, что имеет особенно большое социальное значение в условиях повышения цен на энергоносители.

Сегодня централизованные системы теплоснабжения обоснованно рентабельны только тогда, когда в качестве источника теплоснабжения задействована тепловая, атомная или гидроэлектростанция. В этом случае тепловая энергия, направляемая на удовлетворение потребностей различных теплопотребителей, является «побочным продуктом» основного производства – выработки электрической энергии – и позволяет существенно повысить коэффициент полезного действия электрической станции [3].

В последнее время в энергетической политике Российской Федерации также наблюдаются тенденции к развитию автономных систем теплоснабжения с использованием современных котлов малой мощности, как зарубежных, так и отечественного производства.

Автономные или децентрализованные системы теплоснабжения выгодно отличаются от централизованных тем, что в таких системах источник теплоты и теплоприемники потребителей совмещены в одном агрегате или размещены столь близко, что передача теплоты от источника до теплоприемников может производиться без тепловых сетей. В этом случае, соответственно, устраняются и все указанные выше недостатки, характерные для тепловых сетей.

При этом важным преимуществом автономных систем теплоснабжения является их маневренность. В этих системах осуществляется только местное, а, при желании теплопотребителя, индивидуальное регулирование тепловой нагрузки. То есть изменить режим работы теплогенерирующих установок можно в считанные минуты, тогда как переходные режимы в обычных теплофикационных системах продолжают многие часы. Это существенно снижает капитальные и эксплуатационные затраты, а, кроме того, обеспечивает максимально возможное соответствие количества генерируемой тепловой энергии реальным потребностям абонентов, что повышает их комфортность [3].

Кроме того, благодаря исследованиям отечественных специалистов в сфере охраны окружающего воздуха, известно, что при сжигании газообразного топлива выбросы загрязняющих веществ, а, в частности, оксидов азота, с уходящими газами котлов малой мощности существенно меньше, чем с уходящими газами котлов большой мощности, используемых в крупных котельных и на тепловых электростанциях.

То есть постепенный переход от централизованных систем теплоснабжения с тепловым источником в отопительной котельной средней или большой мощности к автономным системам обеспечит снижение тепловых потерь не менее чем на 35% при повышении экологической безопасности таких систем.

Однако, общим и главным недостатком существующих конструкций водотрубных и жаротрубно-дымогарных водогрейных котлов, даже лучших их образцов, является то, что их КПД, определяемый по низшей теплотворной способности топлива, составляет 90–93%, а потери тепла с уходящими газами составляют 6–8%. Коэффициент полезного действия таких водогрейных котлов, определенный по высшей теплотворной способности топлива, составит 77–80%.

В данных условиях в целях повышения эффективности топливопотребления необходимо использовать теплоту конденсации

водяных паров. При влагосодержании уходящих газов  $x = 0,11-0,12$  кг/кг<sub>с.г.</sub> физическая их теплота составляет  $195-220$  кДж/м<sup>3</sup>, а влажностная –  $315-325$  кДж/м<sup>3</sup>. Если продукты сгорания природного газа охлаждаются до температуры ниже температуры точки росы, которая составляет для них  $54-55^{\circ}\text{C}$ , то будет иметь место конденсация части содержащихся в них водяных паров с выделением скрытой теплоты конденсации [1].

С учетом вышеизложенного представляется, что весьма эффективной альтернативой водогрейным котлам традиционных конструкций является использование в качестве теплогенерирующих установок автономных источников теплоснабжения водогрейных котлов конденсационного типа, в которых имеет место глубокая утилизация теплоты уходящих газов [4–8].

Примером аппарата, полезно использующего теплоту конденсации содержащихся в продуктах сгорания топлива водяных паров, является конденсационный водогрейный котел (КВК) с отдельной выработкой воды на отопление и горячее водоснабжение [4, 5]. Принципиальная схема котла представлена на рис. 1.

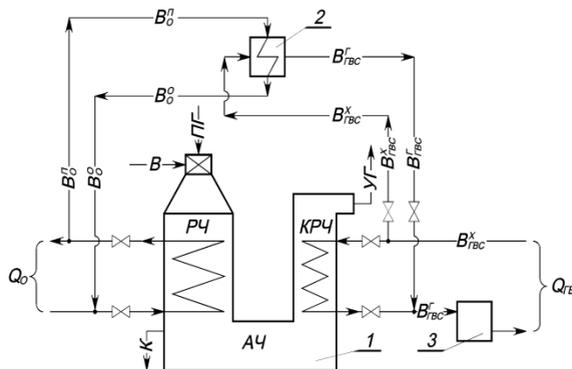


Рис. 1. Принципиальная схема конденсационного водогрейного котла:

1 – конденсационный водогрейный котел (КВК); 2 – водо-водяной подогреватель; 3 – бак аккумулятор; РЧ – радиационная часть; КРЧ – контактно-рекуперативная часть; АЧ – адиабатная часть;

ПГ – природный газ; В – воздух;  $V_o^o$ ,  $V_o^п$  – обратная и прямая отопительная вода;  $V_{гвс}^x$ ,  $V_{гвс}^г$  – холодная и горячая вода на горячее водоснабжение; УГ – уходящие газы; К – конденсат;  $Q_o$ ,  $Q_{гвс}$  – теплота на отопление и на горячее водоснабжение

Данный водогрейный котел представляет собой теплогенератор, состоящий из радиационной части (РЧ), адиабатной части (АЧ) и контактно-рекуперативной части (КРЧ). Главной его особенностью является то, что в нем создается два контура. В первом (по ходу продуктов сгорания) контуре (высокотемпературной радиационной части) вырабатывается горячая вода для целей отопления. В отопительный период эта вода с температурой 95°C подается непосредственно в главный стояк системы отопления теплопотребителя. Во втором контуре – контактно-рекуперативной части конденсационного типа – вырабатывается горячая вода для целей горячего водоснабжения. Здесь вода питьевого качества нагревается за счет отбора оставшейся части физической теплоты продуктов сгорания после радиационной части и скрытой теплоты конденсации порядка 80% водяных паров, содержащихся в отходящих газах. Горячая вода для горячего водоснабжения поступает в бак-аккумулятор или непосредственно в распределительный коллектор системы горячего водоснабжения. В летний период года, когда отсутствует отопительная нагрузка, прямая отопительная вода подается во вспомогательный водоводяной теплообменник (бойлер), где нагревается часть воды для нужд горячего водоснабжения. После охлаждения в бойлере обратная отопительная вода возвращается в радиационную часть котла. При этом общая тепловая производительность и, соответственно, потребление топлива снижается на величину отсутствующей отопительной нагрузки. Уместно отметить, что в предлагаемой схеме индивидуальной котельной требуемая тепловая мощность бойлера в 2 раза меньше, чем при централизованном теплоснабжении, так как часть воды (около 50%) для целей горячего водоснабжения вырабатывается в контактно-рекуперативной части котла. Непрерывно вырабатываемый конденсат может направляться на подпитку отопительной воды, излишек его – на подпитку и умягчение воды для горячего водоснабжения, или другие нужды. При этом отпадает необходимость в химводоочистке.

Продукты сгорания природного газа, сжигаемого в топке РЧ, покидают радиационную часть с температурой значительно более высокой, чем температура уходящих газов на выходе из традиционно используемых в системах теплоснабжения водогрейных котлов. Это обстоятельство обеспечивает увеличение средней разности температур между теплоносителями по сравнению традиционными котлами. Кроме того, коэффициент теплопередачи в радиационной части принимает максимально возможные значения, что обусловлено максимальными величинами коэффициента теплоотдачи от газов к поверхности

теплообмена (за счет высоких значений радиационной составляющей теплопереноса). Далее продукты сгорания адиабатно охлаждаются в адиабатной части до термовлажностного равновесия при температуре мокрого термометра, а затем в контактно-рекуперативной части в восходящем газожидкостном потоке в эмульгированном режиме охлаждаются до температуры  $t_{y.g.} \approx 30-35$  °С, отдавая, тем самым, скрытую теплоту конденсации большей части водяных паров. При этом теплосодержание уходящих газов на выходе из КВК будет находиться в пределах 110–125 кДж/кг<sub>с.г.</sub>, что составляет 4–4,5% значения высшей теплоты сгорания топлива. То есть, приращение КПД котла по сравнению с традиционными составит порядка 15%.

Таким образом, автономные системы теплоснабжения, в которых в качестве теплогенерирующих установок используются конденсационные водогрейные котлы предложенной конструкции, обладают рядом приведенных ниже преимуществ перед централизованными системами теплоснабжения.

1. Теплогенераторконденсационного типа с отдельной выработкой воды на отопление и горячее водоснабжение имеет более высокий (на 15%) КПД, определяемый по высшей теплотворной способности топлива.

2. При установке предлагаемых котлов непосредственно в объектах теплоснабжения устраняются дорогостоящие и малонадежные внешние тепловые сети и, соответственно, тепловые потери (15–20%) в них.

3. Повышается адекватность выработки теплоты нуждам потребителей в течение суток в любое время года, вследствие чего дополнительно экономится порядка 15 % топлива.

При этом общее топливосбережение при использовании водонагревателей с отдельной выработкой тепла на отопление и горячее водоснабжение составляет 45–50% при повышении комфортности теплоснабжаемых объектов.

Дополнительными достоинствами предлагаемых котлов являются их меньшие габариты в плане (в 2–3 раза) и более низкая материалоемкость (в 1,3–1,5 раза), чем у лучших известных прототипов.

Основные блоки и агрегаты разработанного конденсационного водогрейного котла прошли экспериментальную проверку, как в лабораторных, так и в промышленных условиях, что подтвердило их высокие технико-экономические показатели. Различные варианты исполнения КВК, а также его основные узлы защищены рядом патентов Российской Федерации.

При использовании в качестве теплогенерирующих установок в автономных системах теплоснабжения конденсационных водогрейных котлов с раздельной выработкой тепла на отопление и горячее водоснабжение общее топливосбережение (за счет повышения тепловой эффективности теплогенерирующей установки, устранения внешних тепловых сетей и повышения адекватности выработки теплоты нуждам потребителей) составляет 45–50% при повышении комфортности теплопотребителей.

#### **Список литературы:**

1. Кулешов М.И., Губарев А.В., Березкин С.В. Топливосбережение в теплоснабжении гражданских и промышленных объектов // Энергосбережение и водоподготовка. 2004. №4. С. 28–29.
2. Кулешов М.И., Губарев А.В., Васильев Б.П. Снижение загрязнения атмосферы продуктами сгорания топлива в системах теплоснабжения потребителей различного назначения // Вестник Белгородского государственного университета им. В.Г. Шухова. 2006. №13. С. 178–183.
3. Губарев А.В., Кулешов М.И., Погонин А.А. Повышение эффективности автономных систем теплоснабжения при использовании в них теплогенераторов конденсационного типа // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”. Збірник наук о вихпраць. Тематичний випуск: “Енергетичні та теплотехнічні процесий устатку ванья”. 2012. №8. С. 117–125.
4. RU 2270405. Кулешов М.И., Губарев А.В., Лапин О.Ф., Березкин С.В. Водогрейный котел. Бюл. № 5 (II ч.).
5. Кулешов М.И., Губарев А.В., Погонин А.А. Конденсационный водогрейный котел для автономных систем теплоснабжения жилых, общественных и промышленных объектов // Вестник Белгородского государственного университета им. В.Г. Шухова. 2012. №2. С. 171–173.

## ИЗУЧЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОТНОСТИ В ИЗДЕЛИЯХ ИЗ ПОРОШКООБРАЗНЫХ СМЕСЕЙ

**Корнев М.В., студент,  
Требукова Н.С., ст. преп.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

В условиях развития строительства, стоит острый вопрос, в качественном изготовлении керамических, силикатных и ферритных изделий, в частности имеется необходимость в определении плотности образца в вертикальном и горизонтальном сечении, что является весьма сложным, как в экспериментальной форме, так и на основе вычислительных экспериментов. Если бы была возможность получения этих параметров, то было бы возможно получение данных о прочности продукции, еще до процесса термообработки, а так же появилась бы возможность проектирования пресс-формы с возможностью управления этими параметрами. Среди существующих способов прессования отметим основные три, при которых порошкообразная смесь уплотняется: помощью прессов с односторонним давлением; с помощью прессов с двухсторонним давлением; с помощью прессов с двухсторонним давлением, прикладываемым последовательно. Известно, что однородное уплотнение достигается только при всестороннем постоянном прессовании, что в теоретическом плане возможно только для жидкости. Анализ специально поставленных исследований распределения плотности  $\rho$  при одностороннем прессовании с учётом неподвижной формы показывает, что распределение  $\rho$  в целом не равномерно в вертикальном сечении образца с учётом приложения давления в этом же направлении, при чем экспериментальные данные при одностороннем прессовании показывают, что распределение  $\rho$  может быть не только в вертикальном сечении, но и горизонтальном. Эти результаты о распределении плотности при одновременном двухстороннем давлении и с учётом неподвижной формы показывают, что распределении плотности более равномерно в вертикальном сечении образца, чем при одностороннем прессовании.

**Цель работы** состоит в разработке подхода для определения распределения плотности в сечениях прессуемых образцов из

различных порошкообразных смесей, зависящей от многих факторов, в том числе и от способа прессования.

Изучим особенности процесса прессования смеси в пресс-форме в одномерной постановке. При этом учитываются направления приложения силы прессования вдоль оси  $x$ . При этом предполагается, что в остальных сечениях, перпендикулярных этой оси, распределение плотности остаётся постоянным. Процесс прессования порошкообразной смеси в пресс-форме в одномерной постановке с учётом уравнения движения единичного слоя  $dx$  и уравнения вязкоупругой среды представляется в следующем виде:

$$E \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \eta \frac{\partial^3 \psi}{\partial x^2 \partial t} + \frac{f \zeta}{R} \left( E \frac{\partial \psi}{\partial x} + \eta \frac{\partial^2 \psi}{\partial t \partial x} \right) = \rho \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2}, \quad (1)$$

где  $\psi$  – сжатие смеси порошков в сечении  $x$  в момент времени  $t$ ;  $E$  – модуль упругости смеси;  $\eta$  – коэффициент динамической вязкости смеси;  $f$  – коэффициент трения смеси о стенки пресс-формы;  $\zeta$  – коэффициент бокового распора порошкообразной смеси;  $R$  – гидравлический радиус пресс-формы;  $\rho$  – плотность этой смеси.

После преобразования с использованием следующих обозначений  $\theta^2 = E/\rho$ ;  $v = \eta/\rho$ ; и  $2a = f\zeta/R$ , уравнение (1) принимает вид:

$$\theta^2 \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + v \frac{\partial^3 \psi}{\partial t \partial x^2} + 2a \left( \theta^2 \frac{\partial \psi}{\partial x} + v \frac{\partial^2 \psi}{\partial t \partial x} \right) - \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = 0, \quad (2)$$

где  $v$  – коэффициент кинематической вязкости.

Известно, что для исследования нестационарных процессов в среде под действием внешнего источника, например, давления в процессе прессования порошкообразной смеси необходимо учитывать этот источник на основе применение неоднородного дифференциального уравнения. Если источник находится на одной из границ исследуемой вязкоупругой среды, то возможно исследование изучаемых процессов с помощью однородного дифференциального уравнения (2). Если источник находится на одной из границ исследуемой вязкоупругой среды, то возможно исследование изучаемых процессов с помощью однородного дифференциального уравнения (2). При одностороннем прессовании смеси и при нулевых начальных условиях граничные условия принимаются в следующем виде:

на  $x_1 = H_0$ :

$$\psi(t) = 0; \quad (3)$$

на  $x_2 = 0$ :

$$\psi(t) = \psi_1(t); \quad (4)$$

где  $H_0$  – заданная высота;  $\psi_1(t)$  – функция, учитывающая характер изменения сжатия смеси на границе штампа. При двухстороннем прессовании порошков граничные условия следующие (рис. 1):

на  $x_1=H_0$ :

$$\psi(t) = \psi_1(t); \quad (5)$$

на  $x_2=0$ :

$$\psi(t) = \psi_1(t); \quad (6)$$

Кроме того, при одинаковых усилиях прессования в силу симметрии задачи граничные условия (5) и (6) можно свести к условиям (3) и (4), но при  $x_1=H_0/2$ .

Считается, что внешнее воздействие  $\psi_1(t)$  на порошкообразную смесь осуществляется в виде перемещения штампа, вызывающего сжатие смеси в виде некоторой S-образной характеристики на границе  $x_2$ , которое может иметь, например следующий вид:

$$\psi_1(t) = \psi_1 \left( 1 - \left( 1 + \frac{t}{\tau_0} \right) \exp \left( -\frac{t}{\tau_0} \right) \right), \quad (7)$$

Где  $\tau_0$  - постоянная времени, характеризующая процесс изменения функции  $\psi_1(t)$  во времени;  $\psi_0$  - максимальное сжатие смеси при перемещении штампа.

Плотность  $\rho$  при прессовании с учётом координаты  $x$  для любого момента времени  $t_i$  определяется через относительно сжатие  $\partial\psi/\partial x$  в виде зависимости:

$$\rho = \rho_0 \left( 1 - \frac{\partial\psi}{\partial x} \right), \quad (8)$$

где  $\rho_0$  - начальная плотность исходной смеси в пресс-форме.

**Результаты вычислительных экспериментов.** Начальные и граничные условия аналогичны. Результаты расчётов при двухстороннем прессовании смеси, т.е. с учётом краевых условий (5) и (6) приведены на рис. 2.

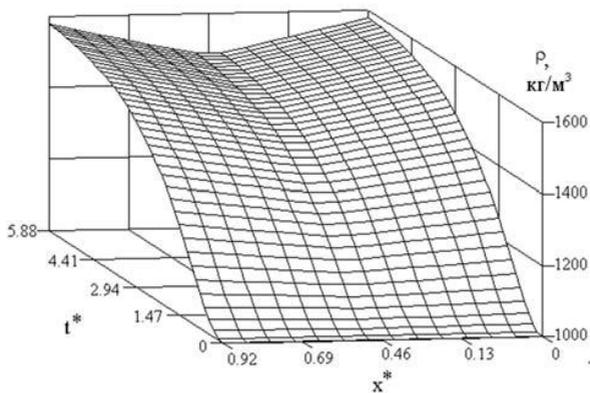


Рис. 2. Изменение плотности образца при двухстороннем прессовании

Результаты, представленные на рис. 2 показали, что характер распределения  $\rho$  более равномерен в вертикальном сечении образца при двухстороннем приложении давления, чем при одностороннем прессовании, т.е. такой метод прессования является более предпочтительным по сравнению с односторонним прессованием, что согласуется с известными экспериментальными данными.

**Выводы:** полученная одномерная математическая модель может быть применена при исследованиях особенностей ступенчатого прессования, когда величина  $d\psi/dx$  изменяется на относительно небольшое значение. Однако, при применении данной одномерной математической модели, вязкоупругой среды при определении изменения плотности образца является некорректным для синтеза алгоритма управления процессом прессования изделий из порошкообразных смесей, так как эта модель противоречит физике процессов прессования, связанной с чередованием процессов прессования порошка и удаления воздуха из смеси, а в математической модели, перемещение штампа, вызывающего сжатие смеси, принимается непрерывным, в виде некоторой S-образной характеристика, задаваемой на одной из границ исследуемого образца.

Данный способ определения плотности может быть легко применён на двумерный или трёхмерный случаи, с целью оптимизации формы пустотелых изделий, имеющих пустотность порядка 22-25%.

### Список литературы:

1. Механизация процессов формования керамических изделий / Д. Хюльзенберг, Х-Г. Крюгер, Т. Рёгиг, Г. Ферриер. М.: Стройиздат, 1984. 263 с.
2. Ломакин В.В. Автоматизация производства силикатного кирпича на базе программно-аппаратных комплексов управления: Автореф. дис. канд. тех. наук: спец. 05.13.06. Белгород, 2002. 18 с.
3. Ветров Е.В. Автоматизация процесса формования силикатного кирпича на базе микроконтроллерных устройств управления прессовым оборудованием: Автореф. дис. канд. тех. наук: спец. 05.13.06. Белгород, 2007. 21 с.
4. Пасконов В.М., Полежаев В.И., Чудов Л.А. Численное моделирование процессов тепло- и массообмена. М.: Наука, 1984. 288 с.
5. Потапенко А.Н., Требукова Н.С., Семернин А.Н. Особенности подхода при определении распределения плотности в прессуемых образцах из порошкообразных смесей // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. 2010. Том 12(36). №4(3). С. 587-591.

## **СОЗДАНИЕ ГИБРИДНЫХ УСТАНОВОК С ИНТЕГРИРОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ВИЭ И КОМБИНИРОВАННЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ТЕПЛА И ХОЛОДА**

**Кушнир А.В., студент,  
Виноградов А.А., канд. техн. наук, проф.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Автоматизация многих технологических процессов конца XX начала XXI века, появление большого числа новых бытовых приборов, развитие и усовершенствование транспорта – всё это послужило причиной увеличения потребления электроэнергии, как промышленными производствами, так и жилыми секторами. Такой рост потребления и, как следствие, исчерпание освоенных и разведанных месторождений привели к росту цен на газ и нефтепродукты, как основного источника энергии, вырабатываемого тепловыми электростанциями. Энергетический кризис начала 70-х годов стал толчком к применению новых технологий в преобразовании энергии нетрадиционных источников, к которым можно отнести энергию Солнца, ветра, ежегодно возобновляемую органическую массу (биомассу), энергию, концентрированную океаном в виде морских волн, течений, приливов и отливов, нагретых поверхностных слоев.

Сегодня альтернативная энергетика является перспективной с точки зрения экономической и энергетической эффективности, экологической безопасности, кроме того она является решением проблемы для удаленных энергодефицитных регионов. Значительная часть населенных пунктов России не подключены к централизованным сетям электроснабжения и обеспечиваются электроэнергией от бензиновых либо дизельных электростанций. Около 10 миллионов населения нашей страны проживают в удаленных районах, электроснабжение которых основано на привозном дизельном топливе. Это крайне ненадежный вид электроснабжения, поскольку зависит от завоза топлива, требует существенных затрат как на само топливо, так и на обслуживание и ремонт генераторов и вспомогательного оборудования. Решением этой проблемы стало использование гибридных энергоустановок на основе ВИЭ для удаленных энергодефицитных регионов. Использование местных энергоресурсов – солнца, ветра, торфа, биомассы является наиболее эффективным

способом снижения затрат на энергоснабжение. Надежность энергоснабжения автономных потребителей гарантируется дополнением установок на базе ВИЭ устройствами, работающими от других источников энергии. Гарантированность энергоснабжения достигается за счет сохранения в составе энергоустановки теплового двигателя (ДГУ, газопоршневых установок, газовых микротурбин). При этом современное оборудование позволяет работать не только на природном газе или дизельном топливе, но и биогазе, продуктах газификации угля и торфа (генераторном газе), газе, получаемом переработкой сточных вод [2].

В настоящее время широко распространены гибридные комплексы, в состав которых входит ветродизельная установка с аккумуляторной батареей. Сама по себе дизель-генераторная электростанция имеет свои недостатки. Помимо необходимости снабжения топливом она имеет в своем составе три дизельных двигателя: работающий, резервный и ремонтируемый, моторесурс которых составляет 5-8 тыс. часов работы. Это говорит о том, что износ и непригодность двигателя наступает уже через год. Комбинация же с ветротурбиной позволяет значительно сэкономить моторесурс двигателя и моторное топливо. Ветродизельные генераторы работают в последовательном, параллельном и параллельно-последовательном режимах в зависимости от наличия ветра. Подобные гибридные станции часто применяются на островах. Примером этому может служить ветродизельная установка на Канарских островах, которая представляет собой комплекс из ВЭУ мощностью 225 кВт с асинхронным генератором и двух дизель-генераторных установок по 75 кВт с маховиками на валу в качестве аккумулирующей системы [1].

Особой эффективностью отмечены гибридные установки, основанные на совместном использовании двух нетрадиционных источников энергии ветра и Солнца, ярким примером которых может послужить американская гибридная система, прошедшая испытания в национальном центре ветроэнергетики в штате Колорадо. ВЭУ 1 вырабатывает электроэнергию для внешних потребителей и для осуществления термодинамического цикла паротурбинной установки, подавая ее в электрокотел 2. Там нагревается термостойкое масло и поступает в аккумулятор 3, из которого насосом 4 прокачивается через котел 5 с пароперегревателем 6 и подогреватель конденсата 7. Водяной пар служит рабочим телом в цикле паротурбинной установки Ренкина. Параллельно термостойкое масло из аккумулятора 3 перекачивается насосом 8 параболоцилиндрический концентратор 9 модульной СЭС.

Данная установка компенсирует за счет солнечной энергии отсутствие ветра и позволяет с помощью теплотехнических устройств использовать и аккумулировать избыточную ветровую энергию.

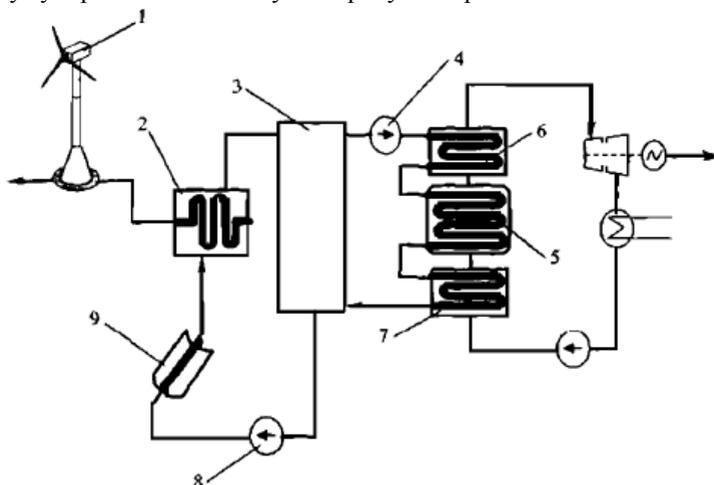


Рис. 1. Гибридная система ВЭУ-СЭС

В России действует гибридная установка мощностью 100 кВт, которая способна утилизировать энергию ветра, Солнца и биомассы. Энергия Солнца воспринимается гелионагревателем с площадью 48 м<sup>2</sup>. Электроэнергия от ВЭУ частично поступает на биогазовый генератор, который при конверсии отходов животноводства вырабатывает биогазовое топливо – биогаз и чистые органические удобрения. Нагретая вода из солнечного коллектора поступает на ферму [3].

Аккумуляторы могут быть применены и в установках без использования ВИЭ, при этом экономический эффект достигается за счет работы теплового двигателя в номинальном режиме – все колебания потребления компенсируются блоком аккумуляторов, который поглощает избытки генерации и покрывает пики потребления. Такой режим повышает коэффициент использования топлива дизельными двигателями, а также снижает расход смазочных материалов и увеличивает ресурс. Теплоснабжение потребителя, а также выдача тепловой энергии на нужды горячего водоснабжения могут осуществляться за счет применения солнечных коллекторов и тепловых двигателей с утилизацией сбросного тепла. Практически все крупные современные энергоустановки на основе тепловых двигателей

снабжены теплообменниками, позволяющими использовать тепловую энергию, получаемую при охлаждении двигателя или выхлопных газов. Как гибридные установки, так и установки с применением тепловых двигателей выполняются в блочно-модульном варианте, что позволяет изменять их мощность и состав в зависимости от конкретного проекта [2].



Рис. 2. Блок-схема гибридной энергоустановки на основе фотоэлектрических модулей и теплового двигателя для малых (до 10 кВт) потребителей

Большинство находящихся в эксплуатации и предлагаемых на рынке автономных энергетических систем, использующих ВИЭ, являются технически законченными изделиями, адаптированными под строго определенный тип энергетического оборудования, не допускающими возможности расширения их функциональных возможностей и наращивания мощностей за счет подключения новых генерирующих источников. Это обусловлено главным образом существенным различием основных технических показателей генерируемой ВИЭ электроэнергии, такими как род тока, частота и значение выходного напряжения.

Отсутствие на рынке возобновляемой энергетики универсальных устройств, обеспечивающих возможность объединения в рамках единой энергетической системы разнотипных энергетических установок с эффективным управлением режимами работы, негативно отражается на развитии малой энергетики России, поэтому их создание является актуальной задачей.

Возможны разные варианты сопряжения ДЭС, ветроэнергетических установок (ВЭУ) и фотоэлектрических установок (ФЭУ) при работе на общего потребителя, которые могут значительно различаться как по составу используемого электрооборудования, так и по технико-экономическим характеристикам.

На рис. 3 представлен распространенный вариант схемы гибридной электростанции, использующей ВИЭ, где источники подключаются непосредственно к распределительной сети объекта без промежуточного преобразования электроэнергии. Система управления станцией при этом должна обеспечивать не только стратегию регулирования мощностей ДГ, ФЭУ и ВЭУ, но и синхронизацию запуска агрегатов и их дальнейшую синхронную работу.

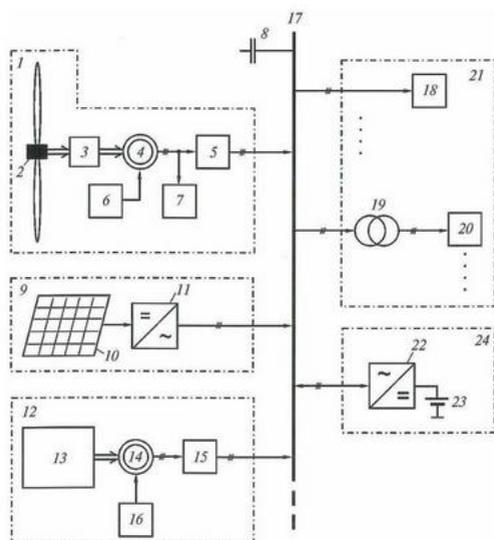


Рис. 3. Схема гибридной электростанции с непосредственным подключением генерирующих установок к распределительной сети объекта электроснабжения

1 – Ветроэнергетическая установка; 2 – ветротурбина; 3– редуктор-мультипликатор; 4, 14 – синхронные электромашинные генераторы; 5, 15 – устройства плавного пуска; 6, 16 – регуляторы тока возбуждения синхронных генераторов; 7 – блок балластных нагрузок; 8 – компенсатор реактивной мощности; 9 – фотоэлектрическая установка; 10- солнечная панель; 11 – импульсный преобразователь постоянного

напряжения в переменное (инвертор); 12 – дизель-генератор; 13 – дизельный двигатель; 17 – шина переменного тока 220/380 В, 50 Гц; 18 – потребители 220/380 В; 19 – силовой повышающий трансформатор; 20 – потребители 6 или 10 кВ; 21 – объект децентрализованного электроснабжения; 22 – двунаправленный преобразователь переменного напряжения в постоянное; 23 – блок аккумуляторных батарей; 24 – буферный накопитель электроэнергии.

Рассматриваемая система автономного электроснабжения проста для реализации, что позволяет легко масштабировать ее, устанавливая, например, несколько ВЭУ. Благодаря отсутствию дополнительных преобразований электроэнергии обеспечивается высокий КПД энергетической системы в целом. Однако данный способ построения системы требует наличия на выходах электрических генераторов заданных, одинаковых и постоянных значений напряжения и частоты сети, что предполагает применение ВЭУ со сложными системами аэродинамической стабилизации частоты вращения ветроколеса и мультипликатором или с использованием асинхронной машины с фазным ротором при соответствующем ее управлении от сетевого инвертора [1].

В любом случае наиболее существенным моментом для создания эффективной установки, адекватно и с наименьшими затратами решающей возложенные на нее задачи, является выработка исходных данных по нагрузке, как тепловой, так и электрической. При этом важны не только значения максимальной или средней мощности, но и распределения мощности по часам суток и времени года. Говоря о применении ветрогенераторов, важно отметить необходимость проведения как минимум годового ветромониторинга (измерения скоростей ветра на разных высотах с течением времени) для правильного подбора ветрогенератора и определения необходимой энергоемкости аккумулирующей системы.

#### **Список литературы:**

1. Доброхотов В.И., Шпильрайн Э.Э. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Проблемы и перспективы. Теплоэнергетика. 1999.
2. Лосюк Ю.А., Кузьмич В.В. Нетрадиционные источники энергии. 2005.
3. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А. Солнечная энергетика. 2008.

## ПУТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ РАБОТЫ ГОРОДСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Латыпова М.М., канд. хим. наук, доц.  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Биологическая очистка воды известна уже более 100 лет. В настоящее время в широком спектре сооружений биологической очистки используются, по существу, все известные метаболические особенности микроорганизмов.

Одной из серьезных проблем при работе городских очистных сооружений является предохранение биоценоза активного ила от гибели во время залповых или ненормативных сбросов с промышленных предприятий города. Как показали результаты анализа, в сточных водах содержатся органические токсичные вещества, тяжелые металлы, такие как никель (II), медь (II), цинк (II). Это может повлиять на биоценоз свободно плавающего активного ила.

Существуют различные пути повышения эффективности работы коммунальных очистных сооружений. Все они в конечном счете направлены на проведение мероприятий, обеспечивающих наилучшие условия для жизнедеятельности и развития микроорганизмов активного ила.

В начале наших исследований очистку сточных вод вели с помощью свободноплавающего адаптированного ила. В результате экспериментов было установлено, что сток, со значениями ХПК  $150 \pm 50$  мг/л, очищается за 3–4 ч. Максимальная скорость окисления загрязнений одним граммом биомассы –  $64,3 \pm 4,2$  мг/лч. Увеличение концентрации загрязнений в очищаемой воде до 500–600 мг/г обеспечивало снижение ХПК на 60–80% (рис. 1, кривая 2). Величина средней скорости окисления составляла  $70,5 \pm 5,6$  мг/лч., а продолжительность аэрации – 8–11 ч. Величина ХПК очищенной жидкости составляла 240–100 мг/л.

Дальнейшее повышение исходных концентраций загрязнений тормозило процессы окисления в реакторе. В силу токсичного воздействия компонентов сточной жидкости происходила гибель микроорганизмов, вымывание ила из системы и снижение концентрации биомассы на 40%. Введение в аэротенк грузозачного материала и закрепление на нем биоценоза позволило увеличить

эффективность очистки до 98–99% и сократить время аэрации в два раза (рис. 1, кривая 1) при окислении загрязнений, эквивалентных значениям ХПК – 500–600 мг/л. Общая окисляемость очищенных стоков составляла 5–10 мг/л. Имобилизованный на загрузке биоценоз при постепенной его адаптации приобретал все большую способность к окислению высоких концентраций исследуемого стока. Из табл. 1 видно, как увеличилась окислительная способность биоценоза, выражаемая удельной скоростью окисления через сутки, трое и месяц адаптации при поступлении в аэротенк сточных вод с загрязненной концентрацией определяемой по ХПК, по мере адаптации сокращается время обработки, что соответствовало довольно близким значениям  $\rho$  ХПК.

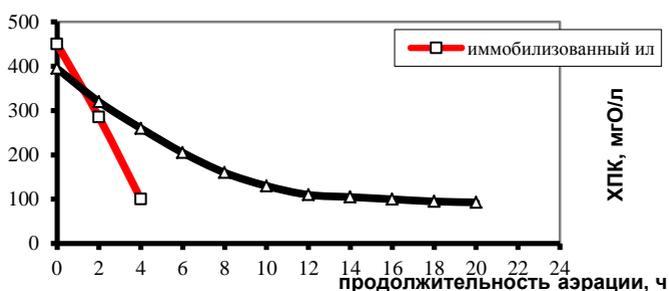


Рис. 1. Зависимость ХПК от продолжительности биологической очистки

Таблица 1

Изменение удельной скорости окисления в период адаптации

Продолжительность аэрации, ч	$\rho$ ХПК в процессе адаптации при продолжительности, сут.		
	1	3	21
1	85,0	95,2	140,0
2	72,5	85,7	100,0
3	70,0	76,2	73,3
4	63,7	67,7	55,0
5	52,0	53,3	38,8
6	44,2	44,4	33,0
7	40,7	38,1	30,0
8	38,2	36,2	-
9	36,0	-	-
10	34,8	-	-

Закрепленный биоценоз устойчив к резким колебаниям концентрации очищаемого стока.

Одним из основных факторов, определяющих интенсивность биохимического окисления органических веществ, является непрерывное и полное обеспечение микроорганизмов активного ила кислородом. Недостаток кислорода приводит к нарушению обмена веществ в бактериальных клетках и снижению скорости окисления загрязнений.

Из рис. 2 видно, что при концентрациях кислорода 4,0 мг/л процесс очистки замедляется в 1,8 раз по сравнению с продолжительностью аэрации при концентрации 6,0 мг/л. Дальнейшее снижение содержания растворенного кислорода в литре очищаемой воды тормозит окисление в два-четыре раза, ухудшает качество очистки. Концентрация кислорода в аэротенке, превышающая 6,0 мг/л, способствует интенсификации окисления, но незначительно (рис. 3.2., кривая 3). Поэтому для обеспечения высокой степени очистки достаточно поддерживать концентрацию кислорода равную 6,0 мг/л.

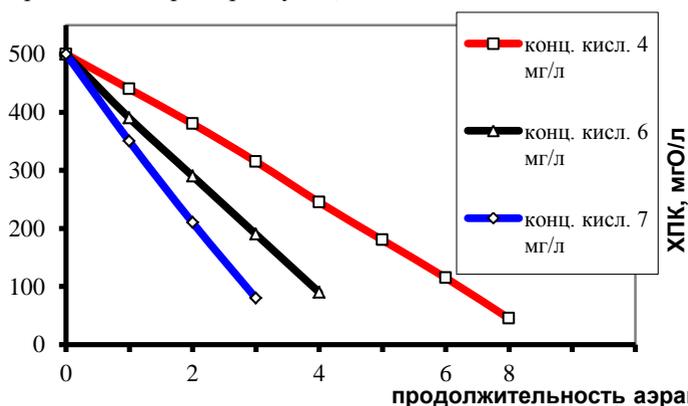


Рис. 2. Влияние различных концентраций кислорода в сточных водах на продолжительность очистки

Изучение зависимости активности процесса потребления кислорода клетками активного ила от температуры сточной воды показало, что при температуре 17<sup>0</sup>С наблюдается угнетение биохимических процессов, и активность составляет только 9,6% от достигаемой при оптимальных значениях температуры (30–35<sup>0</sup>С), при 20<sup>0</sup>С – 27,7% очистки, при 25<sup>0</sup>С – 60,6%, при 40<sup>0</sup>С – 42,3%, при 45<sup>0</sup>С – 34,7%.

Преимущества пребывания микробных клеток в составе биопленки заключаются в следующем. Гелеобразная матрица биопленок обогащается питательными веществами, что является важным преимуществом для организмов биопленок в олиготрофных средах. Нахождение микробных клеток в составе биопленки предполагает защиту от экстремальных условий, удерживание воды ВПВ способствует длительной защите биопленки от высыхания.

Нами предлагается ершовая биозагрузка в коридорах аэротенка. На стадии пуска наладочных работ необходимо провести наращивание биомассы на загрузочном материале аэротенка и адаптацию микроорганизмов. Для этого следует предусмотреть временную рециркуляцию ила из отстойника (через коллектор для удаления осадка) в аэрируемую зону. Наращивание биомассы и ее адаптацию следует проводить, чередуя проточный и периодический режимы. Формирование биоценоза происходит путем закрепления на ершовой загрузке.

Во время эксплуатации аэротенка необходимо производить периодическую (один раз в квартал) регенерацию загрузки для обновления закрепленного биоценоза, повышения его активности и удаления избыточной биомассы.

Технико-экономический расчет показал, что разработанный способ очистки сточных вод является не только экологически значимым, но и экономически выгодным.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАЛИБРОВОЧНЫХ ТАБЛИЦ В ПРОЦЕССЕ РЕМОНТА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

**Литовченко Е.П., аспирант**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Любой автомобиль, производящийся в данный момент в России, оснащён электронной системой впрыска. Высокий уровень электронизации автомобильного транспорта вызван целым рядом неоспоримых преимуществ:

-электронное управление значительно сокращает расход топлива, возрастает показатели крутящего момента и мощности;

-автомобили, оснащённые электронным управлением системы впрыска топлива, многократно превосходят свои аналоги по показателям выбросов вредных веществ в атмосферу;

-немаловажным преимуществом является возможность инсталляции системы рециркуляции отработавших газов, наличие каталитических нейтрализаторов и увеличение срока их службы за счёт контроля их работы и алгоритмов программ с возможностью продувки каталитического нейтрализатора;

-наличие встроенной системы самодиагностики позволяет своевременно выявлять неисправности, возникающие в процессе эксплуатации автомобиля, а наличие ряда аварийных режимов на случай отказа различных систем двигателя и автомобиля значительно повышают надёжность и уменьшают вероятность полного отказа системы.

Выявлено, что самоадаптация электронной системы обеспечивается в рамках уже заданной конструкции, но не функционирует при незначительных изменениях в конструкции. Представляется, что данный недостаток может быть удалён разработкой нестандартных калибровок программного обеспечения, способна адаптироваться к незначительным изменениям в конструкции. В этом случае возможна только разработка нестандартных калибровок программного обеспечения. Такая необходимость чаще всего возникает в результате капитального ремонта двигателя, также установка на автомобиль нестандартных деталей, электронных компонентов. Наиболее часто модернизации подвержены автомобили со значительным пробегом, значительно морально устаревшие не надлежащих конструкций ДВСС.

Суть данного процесса модернизации заключается в том, что используя стандартное программное обеспечение блока (алгоритм работы) необходимо изменить калибровочные таблицы (информацию которую блок управления будет использовать при осуществлении алгоритма). Типовой алгоритм работы механизма осуществляется с помощью калибровочных таблиц. Изменение калибровочных таблиц является необходимым условием функционирования системы в процессе износа. В процессе износа Электронный Блок Управления (ЭБУ) способен адаптироваться к постепенному износу элементов, но в случае модернизации, ремонта или тюнинга двигателя изменение калибровок является необходимым условием корректной работы двигателя.

ЭБУ является вычислительным и коммутационным центром системы управления двигателем, основной его частью является микропроцессор, именно он выполняет вычисления и выдаёт управляющие команды. Из входных сигналов, подаваемых датчиками, блок при помощи запрограммированных функций и алгоритмов (расчётные способы) рассчитывает управляющие сигналы для исполнительных элементов (например, катушки зажигания, форсунки и т.д.) и непосредственно коммутирует их с помощью выходных каскадов.

Входные сигналы передаются в блок управления в различной форме. Они проходят через защитные цепи и при необходимости через преобразователи и усилители. Микропроцессор производит прямую обработку этих цифровых сигналов.

Аналоговые сигналы (например, информация о количестве поступающего воздуха, положении дроссельной заслонки, температуре двигателя и воздуха на впуске, напряжении батареи, Лямбда – зонда и др.) преобразуются аналого-цифровым преобразователем (АЦП) в микропроцессоре в цифровые сигналы.

Цифровые сигналы являются также изменяемыми, но не постоянными, Они могут быть представлены только определенным напряжением.

Для обработки входных сигналов необходима программа, которая занесена в блоке памяти (ПЗУ или СПЗУ). Дополнительно к этому в память записываются специфические для двигателя характеристики и таблицы управления, которые в дальнейшем будем называть калибровками. Калибровочные таблицы представляют собой данные управления впрыском, зажиганием, холостым ходом, которые представлены в виде характеристики и таблиц управления. Пример

изображён на Изображение. Калибровочные таблицы зависят от массы автомобиля, типа и мощности двигателя, от передаточных отношений трансмиссии и других факторов.

	УОЗ для экономичного режима															
	600	720	840	990	1170	1380	1650	1950	2310	2730	3210	3840	4530	5340	6300	7470
29	14,5	16	18	20	24,5	27	28,5	30	31	32	32,5	33	33,5	34	34,5	35
57	16	18	20	22,5	26,5	29	30,5	32	33	33,5	34	34,5	35	35,5	36	36,5
85	18,5	20,5	21,5	24	28	30,5	32	33	34	34,5	35	35,5	36	36,5	37	37,5
113	19,5	21,5	22,5	25	29	31,5	33	35	35,5	36	36,5	37	37,5	38	38,5	39
141	19	21	22	25	29	31,5	33	35	35,5	36	36,5	37	37,5	38	38,5	39
169	18	20	21	23	27,5	30	32,5	34	34,5	35	35,5	36	36,5	37	37,5	38
197	15	18	19	21	24,5	28,5	30	31	32	33	33,5	34	34,5	35	35,5	36
225	12	15	16	18	22,5	26	27,5	29	30	31	31,5	32	32,5	33	34	34,5
253	10	12	13	15	18,5	22,5	25	27	28	29	29,5	30	30,5	31	31,5	32
281	8,5	9,5	10,5	12,5	15,5	19,5	21,5	24,5	26	26,5	27	27,5	28	29	30	31
309	7	8	9	10,5	13	16,5	19	22	24	25	26	26,5	27	27,5	28,5	29,5
337	6	7	8	9,5	11,5	15	17,5	20	22,5	23,5	24,5	25,5	26	26,5	27,5	28,5
365	5	6	7	8,5	10	13	15	18	21	22,5	23,5	24,5	25	25,5	26	26,5
393	4	5	6	7	8,5	10	11	13	17,5	21	22	23	23,5	24	24,5	25
421	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14,5	17	19	20	21	21,5	22
449	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7	8	9,5	11,5	13,5	16	17,5	18,5	19	20

Изображение 1 – Таблица управления

В процессе эксплуатации в калибровочные таблицы вносятся незначительные изменения в процесс работы двигателя. Корректировка самообучения рассчитывается для каждой совокупности параметров «обороты и нагрузка» на основе текущей корректировки и изменяется относительно медленно. Корректировка самообучения хранится в памяти контроллера до отключения аккумуляторной батареи.

Целью корректировки по результатам самообучения является компенсация отклонений состава топливовоздушной смеси от стехиометрического, возникающих в результате разброса характеристик элементов ЭСУД, допусков при изготовлении двигателя, а также отклонений параметров двигателя в период эксплуатации (износ, закоксовка и т.д.).

Для более точной компенсации возникающих отклонений весь диапазон работы двигателя разбит на 4 характерные зоны обучения:

- холостой ход;
- высокие обороты при малой нагрузке;
- частичные нагрузки;
- высокие нагрузки.

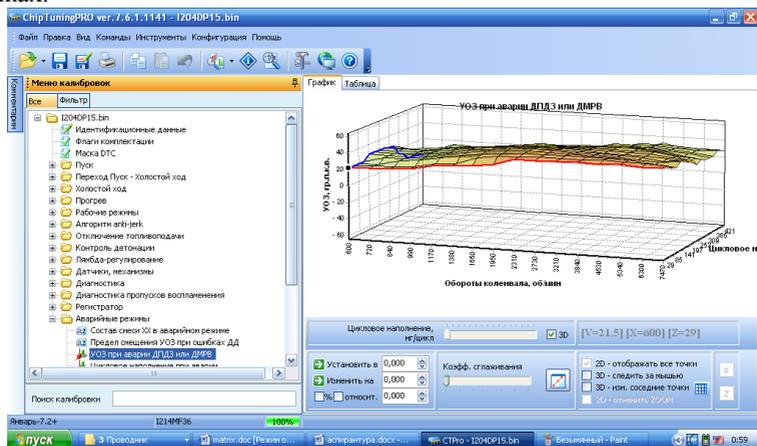
При работе двигателя в любой из зон по определенной логике происходит коррекция длительности импульсов впрыска до тех пор, пока реальный состав смеси не достигнет оптимального значения.

При смене режима работы двигателя в оперативной памяти контроллера (ОЗУ) сохраняется последнее значение коэффициента коррекции для данной зоны.

Полученные таким образом коэффициенты коррекции характеризуют конкретный двигатель и участвуют в расчете длительности импульса впрыска. При отключении аккумуляторной батареи значения коэффициентов коррекции удаляются.

Данные хранящиеся в ПЗУ калибровочная информация в процессе работы двигателя не изменяется и заносится однократно. Для создания калибровочных таблиц используется перечень специализированных программ.

В процессе настройки необходимо полностью разработать весь комплект калибровок (Изображение 2). Учитывая сложность настройки и большого количества режимных точек оптимально использование программы для точной автоматической настройки топливоподачи, угла опережения зажигания, и различных рабочих параметров. Настройка выполняется в режиме реального времени с возможностью автоматической настройки состава смеси в различных режимных точках.



Изображение 2 – Меню калибровок

Данный комплект калибровок разработанный для данного двигателя позволит значительно повысить комфорт, дает возможность двигателю соответствовать действующим экологическим требованиям а

также значительно снизить расход топлива в различных режимах работы двигателя.

**Список литературы:**

1. SMS software <http://www.almisoft.ru/>
2. CipTun. "URL: <https://CipTuning.ru> (дата обращения: 07.06.2013).
3. AutoTecnology URL: <https://auto-bk.ru> (дата обращения: 07.09.2013).

## **ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ**

**Лукьянов Г.Д., канд. техн. наук, доц.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Дробление и измельчение горных пород являются наиболее трудоёмкими процессами при разработке железорудных месторождений. Одним из направлений, позволяющих улучшить показатели этих технологических операций, является освоение различных технологий с использованием электромагнитного поля.

Высокочастотная электротермия на породах КМА под руководством автора опробована и получены положительные результаты при разрушении негабарита (линейный размер куска больше 1,2 м), подготовке крупнокусковой руды (фракция – 400 мм) для транспортировки в схемах циклично-поточной технологии, ослаблении прочности руды перед измельчением, при обработке слюды.

Наиболее эффективным для разрушения полупроводящих горных пород является высокочастотный контактный метод теплового пробоя, основанный на выделении энергии в токопроводящем канале, возникающем в породе при подключении к электродам высокочастотного напряжения.

Протекание тока вызывает нагрев горной породы. Особо интенсивный нагрев происходит в зоне контакта (приэлектродной зоне). При удельных мощностях порядка  $10 \text{ ВТ/см}^2$  процесс сопровождается плавлением, растрескиванием и разлётом раскалённых частиц горной породы. В случае, если горная порода обладает полупроводящими свойствами, развивается канал электрического теплового пробоя. Малое сопротивление канала теплового пробоя позволяет выделить значительную мощность при сравнительно небольшом напряжении источника.

В «канале» теплового пробоя горная порода становится хорошим проводником электричества, что позволяет вводить в него большую мощность. Интенсивный разогрев токопроводящего канала электрическим током создаёт в породе термоупругие напряжения, приводящие к её разрушению. Для полупроводящих пород используется частота 440 кГц, для горных пород – диэлектриков – 5,28 МГц. При

разрушении горных пород – диэлектриков токами высокой частоты канала теплового пробоя не образуется, а происходит неравномерный диэлектрический нагрев материала, что приводит к созданию разрушающих напряжений. Они образуются по всей глубине проникновения электрического поля, параметрами которого можно влиять на происходящие процессы в зависимости от электрических свойств породы.

Горные породы не однородны по составу, разрушение их происходит при меньшем пробивном напряжении, чем однородных диэлектриков. Процесс разрушения начинается в одном месте и затем распространяется по направлению к электродам. Самопроизвольного разделения горной породы на отдельные куски после обработки его токами высокой частоты не происходит. Проблема механического доразрушения растрескавшихся кусков руды решается при использовании, например, динамических усилий, возникающих при работе машин вибрационного действия. Применение высокочастотного контактного способа дробления железистых кварцитов при вибровыпуске руды повышает производительность вибровыпуска в 1,5 раза, улучшает технологию, организацию работ и условия труда горняков.

В горном деле есть свои особенности, связанные с многотоннажным производством, требованиями минимальных энергозатрат и большого срока службы оборудования. Диэлектрические параметры горных пород сильно меняются при нагревании, поэтому необходимо постоянное согласование ВЧ-генератора с нагрузкой. Рассогласование приводит к значительным потерям энергии, нарушению работы и даже выходу его из строя. При выборе режима нагрева нельзя превышать величину напряжённости поля, которую определяют для данного электротермического процесса из требований технологии и техники безопасности. Поэтому повышение высокочастотного напряжения для увеличения интенсивности нагрева возможно только до определённого предела.

Эффективность нагрева вещества под воздействием электромагнитного поля определяется, с одной стороны, его характером распределения и такими параметрами, как напряжённость поля и частота, а с другой стороны, электрофизическими характеристиками: диэлектрической проницаемостью ( $\epsilon$ ), тангенсом угла диэлектрических потерь ( $\operatorname{tg}\delta$ ), удельной электропроводностью ( $\sigma$ ). Поэтому необходимо знать диапазон их изменения, установить температурно-частотные

зависимости  $\epsilon$  и  $\operatorname{tg} \delta$ , чтобы оценить границу начала поглощения энергии высокочастотного поля исследуемыми материалами.

Такой методический подход может быть использован для обоснования рациональной частоты при обработке различных крепких диэлектрических и полупроводниковых материалов высокочастотным полем с целью интенсификации поглощения ими энергии. Нами проведены исследования диэлектрических свойств основных типов неокисленных железистых кварцитов Лебединского месторождения. Установлено, что диэлектрическая проницаемость всех типов кварцитов колеблется в пределах от 19 до 43, тангенс угла диэлектрических потерь – от 0,13 до 0,43, фактор потерь ( $\epsilon \operatorname{tg} \delta$ ) – от 2,74 до 18,5. Наибольшие значения этих величин у магнетитовых кварцитов. Чем выше фактор потерь, тем более легко разрушаются породы электротермическим способом. В соответствии с фактором потерь неокисленные железистые кварциты Лебединского месторождения по возрастающей способности поглощать энергию высокочастотного электромагнитного поля можно расположить в следующем порядке: железнослюдково-магнетитовые, магнетито-силикатовые маложелезистые, силикато-магнетитовые и магнетитовые.

Проведенные нами исследования температурно-частотной зависимости диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь неокисленных железистых кварцитов Лебединского месторождения показывают на то, что для всех типов кварцита наблюдается рост  $\epsilon$  и  $\operatorname{tg} \delta$  с повышением температуры в диапазоне от 20° до 200°. С увеличением частоты от 50 кГц до 20 МГц численные значения  $\operatorname{tg} \delta$  экспоненциально уменьшаются. Это означает, что диэлектрические потери, прежде всего, обусловлены потерями проводимости, которые в большей мере проявляются при низких частотах и высоких температурах. Однако, некоторую роль играют поляризационные процессы типа ионно-релаксационных, обусловленных слабосвязанными ионами, поскольку для неокисленных железистых кварцитов наблюдается закономерное смещение кривых  $\operatorname{tg} \delta$  в температурно-частотной зависимости.

Диэлектрическая проницаемость неокисленных железистых кварцитов с ростом температуры увеличивается по линейному закону. Значение  $\epsilon$  много больше квадрата показателя преломления минералов, слагающих кварцит. Это указывает на то, что поляризация происходит не только за счёт электронного смещения, но и других поляризационных процессов. Подтверждением является и частотная

зависимость диэлектрической проницаемости. В случае потерь проводимости  $\varepsilon$  остаётся постоянной при изменении частоты. Для неокисленных железистых кварцитов наблюдается уменьшение  $\varepsilon$  с увеличением частоты.

Исследования электрических параметров неокисленных железистых кварцитов позволяют определить зависимость их активной проводимости от частоты и оценить граничную частоту, выше которой диэлектрические потери преобладают над омическими. Это позволило установить рациональную частоту высокочастотного генератора для разрушения неокисленных железистых кварцитов Лебединского месторождения (440 кГц). На данной частоте колебательная мощность генератора может быть доведена до нескольких сот киловатт с рабочим напряжением до 10-15 кВ.

Определённым образом сформированное электрическое поле может обеспечивать раскол материала вдоль заданной линии раскола («направленное высокочастотное разрушение»), которое может иметь особое значение при диэлектрическом нагреве горных пород, содержащих ценные включения, что требует избирательного разрушения пустых пород и сохранения ценных. Особое значение для горного производства имеют исследования по ослаблению межкристаллических связей под действием высокочастотных электрических полей, а также эффекта расщепления слюды в высокочастотных электрических полях.

Микроволновый обогрев принципиально отличается от традиционного теплового нагрева. В последнем случае энергия от источника тепла передаётся за счёт конвекции, а затем за счёт теплопроводности происходит нагрев внутренних слоёв материала. При микроволновом нагреве энергия электромагнитных волн превращается в тепло сразу во всём объёме образца, что приводит к уменьшению времени возникновения термоупругих напряжений в слоях слюды, необходимых для их расслоения.

В результате проведенных исследований на кафедре физики БГТУ им. В.Г. Шухова установлено, что при воздействии СВЧ поля (частота 2450 МГц) расщепление слюды на тонкие пластинки (до 12-14 микрон) происходит значительно эффективней при СВЧ обработке и начинается уже при малом времени воздействия (до 10 мин.). Расход энергии в пересчёте на один раскол при обычной термообработке находится в пределах 0,058-0,083 кВт. ч/раскол, а при обработке электромагнитным полем 0,013-0,033 кВт. ч/раскол, что подтверждает преимущества последнего способа воздействия на исследуемый материал.

Железистые кварциты, перерабатываемые на обогатительных фабриках, представляют собой многокомпонентные системы различных по прочности и измельчаемости минералов. Наличие в руде высокоомных компонентов повышает сопротивление руды по сравнению с чистыми минералами. Так, например, электрическое сопротивление чистого минерала магнетита равно 0,01 Ом м, а для магнетитовой руды оно изменяется от 1 до 1100 Ом м.

Особое место в подготовке руды к обогащению занимают процессы раскрытия минералов: дробление, измельчение, классификация. Эти процессы являются наиболее энергоёмкими и дорогостоящими. Капитальные и эксплуатационные затраты на них могут достигать 70% всех затрат на обогащение. Проводящие полупроводниковые минералы значительно нагреваются в электрическом поле, а диэлектрические практически не греются. На границах раздела минералов развиваются термомеханические напряжения, в результате прочность пород с ростом температуры уменьшается в несколько раз, что облегчит и удешевит последующий помол и сепарацию.

Обработка железистых кварцитов, содержащих около 45% магнетита, 10% гематита и 45% кварца, электромагнитным полем частотой 2450 МГц мощностью 0,5 кВт показала, что возникали термомеханические напряжения, трещины в основном распространялись по границам зёрен. Помол и ситовый анализ образцов, обработанных электромагнитным - полем, свидетельствовали о разупрочнении руд и об уменьшении энергоёмкости при измельчении. Обогащение проб магнитной сепарацией в сильном магнитном поле выявило повышение качества концентрата при обработке электромагнитным полем по сравнению с необработанной рудой. На 11,6% увеличился выход концентрата и на 12,5% извлечение железа.

Чтобы получить минимум энергозатрат и улучшить дальнейшую переработку, необходим подбор оптимального режима обработки для каждого конкретного вида горной породы с учётом её электрофизических свойств. Случайно взятый режим воздействия электромагнитным полем (частота, мощность, длительность) может не дать положительного результата.

## АНАЛИЗ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛЕНИЯ В СЕПАРАТОРАХ

**Мелихов С.В., канд. техн. наук,  
Прокопенко В.С., аспирант**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Большинство авторов склоняется к мнению, что основным расчетным параметром, оценивающим работу сепаратора – является граница разделения.

По данным В.Р.Рыбина [1], имеется следующая экспериментальная зависимость между размером наибольшей частицы в тонком продукте и границей разделения (табл. 1.).

Экспериментальная зависимость между размером наибольшей частицы в тонком продукте и границей разделения.

Таблица 1

Граница разделения, <i>мк</i>	Размер наибольшей частицы в тонком продукте, <i>мк</i>
$\geq 100$	$\sqrt{2}\delta$
$100 \div 25$	$2\delta$
$25 \div 3$	$\pi\delta$

Под размером наибольшей частицы понимается средний размер максимальных частиц, содержание которых в тонком продукте составляет не более  $0,2 \div 0,1$  % (по весу).

По методике О.А. Несвижского [2] рекомендуется следующая формула для расчета границы разделения:

$$\delta = 14,7 \frac{Q}{h} \sqrt[3]{\left(k_{\phi} \frac{\rho_0}{\rho_m}\right)^2 \frac{v}{R^n (xn)^4}} \text{ м}, \quad (1)$$

где  $\delta$  - граница разделения, *м*;

*h* - высота лопаток крыльчатки, *м*;

$R^n$  - радиус крыльчатки по внутренним кромкам лопаток, *м* ;

*n* - скорость вращения ротора с крыльчаткой, *мин<sup>-1</sup>*;

$x$  - коэффициент увлечения воздуха во вращение лопатками крыльчатки, зависит от числа лопаток, длины их и радиуса расположения и находится в пределах от 0,6 до 0,8.

По рекомендациям В.А. Баумана [2] граничный размер можно определить по соотношению:

$$d = \frac{3k_{\phi}\rho_{\Gamma}l^2v_6^2}{4\rho_m \left( l\sqrt{\frac{g}{c_0}} + h\sqrt{\frac{a_{\psi}}{c_0}} \right)^2}, \quad (2)$$

где  $k_{\phi}$  – коэффициент формы частиц;

$\rho_{\Gamma}$  – плотность газа;

$c_0$  – коэффициент аэродинамического сопротивления шаровидной частицы.

К. Вольф и Х. Румпф предлагают свою формулу для определения границы разделения:

$$d = 1,78 \frac{k^{2/3}}{\gamma^{2/3}} \frac{Q}{H_1 + H_2} \frac{1}{(D_1 + D_2)^{5/3} n^{4/3}}, \quad (3)$$

где  $H_1$  – расстояние от верхней крышки ротора до выходного патрубка в см;  $H_2$  – расстояние от верхней крышки ротора до выступающего конца пластин в см;  $D_1$  – диаметр по средним линиям пластин ротора у верхней крышки в см;  $D_2$  – диаметр по средним линиям пластин ротора у их выступающего конца в см;  $\gamma$  – кинематический коэффициент вязкости воздуха в см<sup>2</sup>/сек;  $k$  – коэффициент формы частиц;  $n$  – скорость вращения ротора в мин<sup>-1</sup>.

Недостатком приведенных формул является то, что их расчет ведется без учета поддува дополнительного воздуха в зону сепарации. Также следует отметить, что вследствие неизученности сопротивлений при перемещениях вращающегося потока определение потерь напора приходится производить по аналогии с расчетом движения воздуха в трубах, что часто влечет за собой значительные погрешности.

Сапожников М.Я. приводит расчет границы разделения по соответствующей зависимости от числа Рейнольдса, так для области:

$$0 < Re < 1 \quad \delta = \sqrt{18k_{\phi} \frac{\rho_0}{\rho_m} \frac{v}{a_{\psi}} \frac{v_R}{m}} \quad (4)$$

$$10 < Re < 1000 \quad \delta = v_{\phi}^3 \sqrt{\left(\frac{39}{4} k_{\phi} \frac{\rho_0}{\rho_m}\right)^2 \frac{v}{a_{\psi}^2}} \quad m, \quad (5)$$

$$1 < Re < 1000$$

$$\delta = 3 \left( k_{\phi} \frac{\rho_0}{\rho_m} \frac{v}{a_{\psi}} \frac{v_R}{m} \right)^{\frac{1}{2}} \left\{ \left[ 1 + \left( 1 - \frac{1}{81} k_{\phi} \frac{\rho_0}{\rho_m} \frac{1}{v} \frac{v_R^3}{a_{\psi}} \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}} + \left[ 1 - \left( 1 - \frac{1}{81} k_{\phi} \frac{\rho_0}{\rho_m} \frac{1}{v} \frac{v_R^3}{a_{\psi}} \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}} \right\} \quad m, \quad (6)$$

На наш взгляд при расчете границы разделения по предложенной методике мы сталкиваемся с рядом недостатков:

1) При расчете границы разделения для каждой области числа Рейнольдса мы имеем дело с слишком громоздкими и неудобными для инженерных расчетов формулами, не дающими возможность увязать  $\delta_{гр}$  с конструктивными параметрами сепаратора.

2) Не представляется возможным расчет границы разделения с учетом поддува дополнительного воздуха в зону сепарации.

#### Список литературы:

1. Рыбин В.Р., Бокштейн С.Я. Исследование отбойно-вихревых классификаторов. Сборник трудов ВНИИНСМ, 1960, 132 с.
2. Барский М.Д., Ревнивцев В.И., Соколкин Ю.В. Гравитационная классификация зернистых материалов. М.: Недра, 1974. 232 с.
3. Акунов В.И. Экспериментальные исследования установок для тонкого

- измельчения с противоточными струйными мельницами. Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. М.: ВНИИНСМ, 1961. 69 с.
4. Шиляев М.И. Гидромеханическая теория ротационных сепараторов. Томск: Изд. Томск. ун-та, 1983. 233 с.
  5. Керстен И.О. Аэродинамические испытания вентиляторных установок. Справочное пособие. М.: Недра, 1986. 194 с.
  6. Сапожников М.Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов и конструкций. М.: «Высшая школа», 1971. 382 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ СОЛНЕЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ – СОВРЕМЕННЫЙ СПОСОБ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ИНСОЛЯЦИИ

Михина О.С., студент,  
Ярмош Т.С., ст. преп.

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Архитекторы издавна применяют зенитные фонари для естественного освещения зданий. Мансардные окна также освещают внутренние помещения, и, следовательно, снижают потребность в использовании светильников. К сожалению, на практике верхний естественный свет можно применять в атриумах и лобби, но не на рабочих местах из-за несоответствия нормам освещенности и наличия бликов. Системы солнечного освещения появились в России в 2005 году как инновационный продукт, способный довести естественный свет до внутренних частей здания.

Системы солнечного освещения (ССО) передают свет в те места, где он необходим. Удивительно то, что теперь он может быть направлен в рабочие зоны не только на верхнем этаже здания, но и глубоко внутри него. Внутренняя поверхность световодов настолько хорошо отражает свет, что он может передаваться без потерь на расстоянии до 20 м, с несколькими поворотами световода под углом 90°. Это обстоятельство позволяет изменить технологию функционирования и объемно-пространственные решения многих зданий [1].

Система ССО спроектирована таким образом, чтобы обеспечить равномерное освещение на протяжении всего дня (рис. 1).

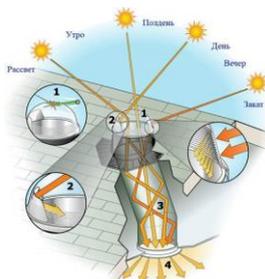


Рис. 1. Обеспечение равномерного освещения на протяжении дня

Днем, когда солнце высоко в небе, часть света отражается, так что не весь солнечный поток направляется в интерьер (1). Утром и вечером, когда солнце находится низко над горизонтом, рефракторы собирают весь солнечный свет (2) и направляют его по световоду (3). При этом с помощью рассеивающих линз диффузора (4) создается более равномерное и безбликовое освещение, чем от зенитных фонарей и мансардных окон. Использование световодов позволяет, например, заменить все светильники в переговорных комнатах, что повышает комфорт и значительно снижает затраты на потребление электроэнергии.

Конструкция ССО состоит из (рис. 2).

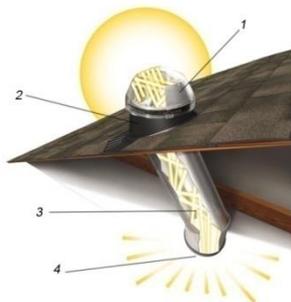


Рис. 2. Конструкция ССО

**1 – светособирающего купола**, выполненного из ударпрочного материала с высоким сроком службы, обеспечивающего эффективный забор солнечной прямой и рассеянной радиации, а также перераспределение и формирование его в направлении последующего транспортирования по световодам; **2 – флешинга**, выполняющего функции адаптера под различные типы кровли, обеспечивающего герметическое соединение кровли со светособирающим куполом; **3 – световода**, представляющего собой набор стыкуемых алюминиевых прямолинейных или изогнутых труб, покрытых внутри многослойной зеркальной полимерной пленкой, обеспечивающей внутреннее отражение транспортированного солнечного потока до 99,7% в видимой части солнечного излучения; **4 – диффузора**, устанавливаемого в потолке освещаемого помещения и обеспечивающего диффузное рассеивание естественного света внутри этого помещения [1].

**Энергетическая эффективность работы ССО достигается:**

- уменьшением площади световых проемов в кровле по сравнению с традиционно применяемыми технологиями;
- применением элементов, уменьшающих теплопроводность светопроводящей конструкции (внутренний купол, климатическая линза, линза северного климата);
- применением специальной пленки, которая эффективно отражает видимый свет, но является прозрачной для ИК составляющей солнечного спектра. Тепловое излучение проходит через пленку и нагревает алюминиевую основу световода, не проникая в помещение;
- конструктивной возможностью передачи естественного света непосредственно в освещаемую зону без дополнительных энергетических затрат.

#### **Эстетическая эффективность применения ССО достигается:**

- конструктивными особенностями диффузоров (потолочные, беспотолочные);
- наличием большой линейки декоративных решений светорассеивающих диффузоров, что позволяет мобильно решать архитектурно-конструкторские вопросы;
- благотворное влияние на здоровье людей.

Выполненные предварительные технико-экономические расчеты для спортивных сооружений игровой площадью 2500 м<sup>2</sup> и вместимостью 8000 зрителей показали, что окупаемость капитальных вложений в ССО только за счет снижения потребления электрической энергии наступает до 5-ти лет их эксплуатации. Таким образом, применение ССО при строительстве спортивных сооружений позволяет заказчику производить капитализацию средств, которые ранее выделялись на оплату эксплуатационных расходов [3].

Применение световодов в жилых и общественных зданиях не только является «зеленой» технологией, снижающей расход электроэнергии, но и ведет к переосмыслению технологии функционирования данного типа сооружения, а соответственно, – и к новому формообразованию здания. Можно создавать рабочие места и технологические зоны там, где раньше это было невозможно – в глубине зданий на разных этажах, под землей и даже под водой. Да и габариты самого здания могут становиться больше – ведь в нем не будет больше темных зон, что в свою очередь позитивно влияет на энергоэффективность здания. Пассивные методы ресурсосбережения, к числу которых относится ССО, наиболее эффективны с точки зрения экоустойчивой, долговременной архитектуры. Благодаря применению световодов стало возможным проектирование типологически новых

объектов. Как всегда, внедрение новых технологий приводит к появлению интересных и необычных интерьерных решений (рис3). Здесь, как говорится, количество вариантов ограничивается только фантазией дизайнера и архитектора. Внутренние рассеиватели ССО могут не только сочетаться с архитектурной формой, но и быть арт-объектами.



Рис. 3. Интерьерное решение с применением ССО

Солнечный свет необходим не только в жилых и офисных помещениях. Он необходим и в промышленности, например при выращивании морских водорослей. С помощью световодов этот процесс можно сделать не только эффективным, но и красивым. Примеры использования ССО дают основание считать их применение особенно актуальным и необходимым в типовых проектах жилых и общественных зданий массовой городской застройки. В первую очередь это относится к участкам с повышенной плотностью застройки [2].

В помещениях сравнительно небольших площадей, таких как гардеробные, коридоры, туалеты, ванные комнаты, лестничные площадки, рационально использовать световоды диаметром 250 мм. В помещениях больших размеров (кухни, прихожие, кабинеты, спальни и т.п.) целесообразно применять модификации световодов диаметром 350 мм.

Эти системы могут комплектоваться эффективными рассеивателями круглой формы, которые изготавливаются из различных материалов и с разной фактурой. Для освещения больших площадей или протяженных помещений (коридоры, рекреации) эффективно применение нескольких комплектов расчетного типоразмера. Для просторных помещений, требующих обеспечения высоких уровней освещенности, целесообразно применение световодов диаметром 530 мм. Эта модель работает от цилиндрического светового канала на квадратный рассеиватель 530 мм, который обеспечивает эффективное

освещение офисов, медицинских и образовательных учреждений, торговых и складских залов, жилых зданий, коттеджей, вспомогательных и производственных помещений.

Для ванн и туалетов целесообразно применение вентиляционных комплектов, которые монтируются совместно с ССО, позволяя эффективно выводить избыточную влагу и запахи. Этот аксессуар (рис. 4), снабженный встроенным вентилятором, позволяет свести к минимуму количество потолочных элементов технического назначения, наличие которых, в подавляющем большинстве случаев, негативно сказывается на эстетических характеристиках помещения [6].



Рис. 4. Использование ССО в ваннх комнатах

Низкая стоимость ССО и отсутствие расхода электроэнергии на освещение является основной причиной их популярности, особенно для организации освещения складских и вспомогательных помещений, построенных по типу ангаров. Тонкие кровельные конструкции таких сооружений обуславливают минимальную стоимость базового комплекта ССО и минимум трудозатрат на его установку, что гарантирует его быструю окупаемость за счет экономии электроэнергии расходуемой на цели освещения. Основные расходы ССО приходятся на их изготовление, транспортировку и монтаж. Средняя окупаемость ССО по показателям расхода электроэнергии на цели освещения составляет от 3 до 5 лет для объектов, расположенных на 45–55° широты.

ССО целесообразно использовать и в помещениях реконструируемой малоэтажной (например, пятиэтажной) застройки в случаях, когда на первых нежилых этажах этих зданий размещаются небольшие (на 1–3 группы) детские сады или другие детские образовательные учреждения (ДОУ), помещения которых, как правило, ориентированы окнами на юг. Принимая во внимание, что размеры световых проемов реконструируемых жилых домов по конструктивным причинам практически не изменяются (за исключением замены окон), а

расчетные значения коэффициента естественного освещения (КЕО) в этих помещениях изначально были рассчитаны на нормативную величину  $КЕО = 0,5$  (для жилых помещений), обеспечение  $КЕО = 1,5$  в ДОУ практически не осуществимо. В таких случаях представляется целесообразным устройство забора солнечной освещенности путем использования настенных флешингов ССО, ориентируемых, как правило, в южном направлении, с последующей транспортировкой светового потока в зоны помещений ДОУ с недостаточным уровнем КЕО. Количество и протяженность настенных световодов ССО необходимо определять с учетом нормативных требований и предварительно разработанной методики расчета ССО [5].

В настоящее время ССО активно используются на территории России. Широкое применение они нашли в Краснодарском крае и даже в Сибири. Это следующий этап на пути развития светотехники, а Белгородской области необходимо обратить пристальное внимание на данную разработку.

Реализация вышеизложенных рекомендаций позволит обеспечить оптимальные уровни комфорта световой среды и нормативные требования, предъявляемые к естественному и искусственному освещению, а также к энергосбережению.

#### **Список литературы:**

1. Официальный сайт компании, производящей ССО [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.solatube.su/> свободный. – Загл. с экрана.
2. Добровольский А. Особенности применения систем солнечного освещения // Журнал Технологии строительства. 2012. №3(86). С. 15-17.
3. Ремизов А.Н. Освещение с помощью световодов как пассивный метод энергосбережения // Журнал Технологии строительства. 2012. №3(86). С. 5-6.
4. Селянин Ю.Н. Системы солнечного освещения в архитектуре спортивных сооружений третьего тысячелетия // Журнал Технологии строительства. 2012. №3(86). С. 1-4.
5. Селянин Ю.Н. Наполните ваш дом солнечным светом // Журнал Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века. 2013. №2(75). С. 18-19.
6. Туранов С.Б., Ноздрин В.Н. Революция в светотехнике – системы естественного освещения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://lightonline.ru/topic/227/> свободный. – Загл. с экрана.

## РАЗРАБОТКА ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

**Муратова Е.Ю.,**

**Виноградов А.А., канд. техн. наук, проф.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Геотермальная электростанция (ГеоТЭС) – вид электростанций, которые вырабатывают электрическую энергию из тепловой энергии подземных источников.

Схема работы геотермальной электростанции достаточно проста. Вода, через специально пробуренные отверстия, закачивается глубоко под землю, в те слои земной коры, которые естественным образом довольно сильно нагреты. Просачиваясь в трещины и полости горячего гранита, вода нагревается, вплоть до образования водяного пара, и по другой, параллельной скважине поднимается обратно. После этого горячая вода поступает непосредственно на электростанцию, в теплообменник, и её энергия преобразуется в электрическую. Это происходит посредством турбины и генератора, как и во многих других типах электростанций. В другом варианте геотермальной электростанции, используются природные гидротермальные ресурсы, т.е. вода, нагретая до высокой температуры в результате естественных природных процессов. Однако область использования подобных ресурсов значительно ограничена наличием особых геологических районов. В этом случае в теплообменник поступает уже нагретая вода, выкачанная из земных недр. В другом случае – вода в результате высокого геологического давления, поднимается самостоятельно, через специально пробуренные отверстия. Это, так скажем, общий принцип работы геотермальной электростанции, который подходит для всех их типов.

По своему техническому устройству, геотермальные электростанции подразделяются на несколько видов:

- геотермальные электростанции на парогидротермах – это электростанции, в которых используется уже нагретая природой вода;
- двухконтурная геотермальная электростанция на водяном паре. В таких электростанциях имеется специальный двухконтурный парогенератор, позволяющий генерировать "добавочный" пар. Иными словами на "горячей" стороне парогенератора используется геотермальный пар, а на "холодной" его стороне генерируется вторичный пар, полученный из подведенной воды;

- двухконтурная геотермальная электростанция на низкокипящих рабочих веществах. Область применения таких электростанций – использование очень горячих (до 200 градусов) термальных вод, а также использование дополнительно воды на месторождениях парогидротерм, о которых было сказано выше.

В настоящее время существует три схемы производства электроэнергии с использованием геотермальных ресурсов:

- прямая с использованием сухого пара;
- непрямая с использованием водяного пара;
- смешанная схема производства (бинарный цикл).

Тип преобразования зависит от состояния среды (пар или вода) и ее температуры.

На данный момент, все большее распространение получают ГеоТЭС со смешанным циклом работы. Появившаяся несколько лет назад новая, разработанная австралийской компанией Geodynamics Ltd., революционная технология строительства ГеоТЭС – технология Hot-Dry-Rock, существенно повышает эффективность преобразования энергии геотермальных вод в электроэнергию. Суть этой технологии заключается в следующем. До самого последнего времени в термоэнергетике незыблемым считался главный принцип работы всех геотермальных станций, заключающийся в использовании естественного выхода пара. Австралийцы отступили от этого принципа и решили сами создать подходящий "гейзер". Для этого они отыскивали в пустыне на юго-востоке Австралии точку, где тектоника и изолированность скальных пород создают аномалию, которая круглогодично поддерживает в округе очень высокую температуру. Поэтому если на такую глубину через скважину закачать воду, то она, повсеместно проникая в трещины горячего гранита, будет их расширять, одновременно нагреваясь, а затем по другой пробуренной скважине будет подниматься на поверхность. После этого нагретую воду можно будет без особого труда собирать в теплообменнике, а полученную от нее энергию использовать для испарения другой жидкости с более низкой температурой кипения, пар которой и приведет в действие паровые турбины. Вода, отдавшая геотермальное тепло, вновь будет направлена через скважину на глубину, и цикл, таким образом, повторится.

Технология преобразования геотермальной энергии в электроэнергию зависит в основном от параметров теплоносителя. Высокопотенциальные геотермальные воды, обеспечивающие

поступление в **геотермальную электростанцию** (ГеоЭС) пара высокого давления, позволяют направлять такой теплоноситель непосредственно на лопатки турбин. В этом случае генераторная часть ГеоТЭС принципиально не отличается от традиционной тепловой электростанции, использующей углеводородное топливо.

Механические примеси и газы, содержащиеся в геотермальной воде или паре, очищаются с помощью сепараторов и фильтров. При значительном количестве примесей, которые часто бывают агрессивными, применяется двухконтурная система с теплообменником. Вторичный контур содержит воду, прошедшую химводоочистку и деарирование. Примером подобной ГеоЭС может служить **Мутновская геотермальная электростанция**, расположенная в 140 км от г. Петропавловск-Камчатский у подножья действующего вулкана Мутновский. До начала строительства Мутновской ГеоЭС, там же, ранее была введена в эксплуатацию Верхнее-Мутновская станция мощностью 12 МВт. Кроме того, в 1967 г. на юге Камчатской области была построена Паужетская ГеоЭС мощностью 11 МВт, которая продолжает работать и в настоящее время.

Первый блок Мутновской ГеоЭС мощностью 25 МВт введен в эксплуатацию в 2001 году. Через год, с пуском второго энергоблока, мощность станции возросла до 50 МВт. Вторая очередь Мутновской ГеоЭС вводилась в эксплуатацию в 2007-2009 годах и увеличивает мощность станции на 100 МВт. Третья очередь мощностью более 100 МВт планируется на 2012 год. Мутновская ГеоЭС на протяжении ряда лет демонстрирует устойчивую работу и производит дешевую электроэнергию, себестоимость которой составляет около 1,5 цента/кВт·час. В целом, Мутновская ГеоЭС во многом превосходит по своим техническим характеристикам зарубежные аналоги:

- экологическая чистота, которая достигается исключением прямого контакта геотермального теплоносителя с окружающей средой с последующей закачкой его обратно в земные пласты;
- проблема защиты оборудования станции от коррозии и солеотложений в значительной степени решена с помощью применения специальной технологии присадок пленкообразующих аминов;
- блочно-модульный принцип поставки оборудования, что позволило существенно сократить сроки строительства станции.

Уже сегодня геотермальная энергетика обеспечивает более 25% потребности в электроэнергии Камчатки, что позволяет ослабить зависимость полуострова от поставок дорогостоящего топлива.

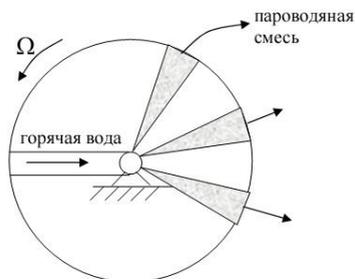
Следует отметить, что **геотермальные электростанции** с высокопотенциальным теплоносителем могут сооружаться только вблизи соответствующих месторождений геотермальных вод. Таких месторождений не много, соответственно и электростанции рассмотренного типа – объекты достаточно уникальные. Гораздо большей доступностью и распространенностью обладают геотермальные воды с более низкими внутривластовыми температурами. Как уже отмечалось выше, громадными запасами геотермальных вод с температурами до 100°C обладает Западная Сибирь.

Технологии получения электроэнергии из низкопотенциальной тепловой энергии геотермальных вод основаны на двух принципах энергопреобразования: использования веществ с низкими температурами кипения и гидропаровых турбин типа Сегнера колеса.

Идея производства электроэнергии в турбогенераторах с помощью веществ с низкими температурами кипения принадлежит советским ученым, которые в 1965-1967 гг. создали первую в мире геотермальную бинарную электростанцию на Камчатке – **Паратунскую ГеоЭС**. Фреон, превращенный в пар теплом горячей воды, направлялся в турбогенератор, вырабатывающий электрическую энергию. Сегодня эта технология активно используется. Построено около тысячи энергоблоков мощностью от нескольких кВт до 130 МВт в десятках стран мира.

**Гидропаровые турбинные установки (ГПТ)** используют прямую подачу горячей воды в сопла турбины без предварительного разделения ее на пар и воду в сепараторах. Гидропаровая турбина работает на потоке, вскипающем в процессе адиабатического расширения. Основная работа в процессе преобразования тепловой энергии геотермальных вод в кинетическую энергию рабочего потока и механическую турбины осуществляется жидкой фазой, что принципиально отличает гидропаровую турбину от паровой. В ГПТ используются сопла Лавалея с парогенерирующими решетками, создающими мелкодисперсный пароводяной поток на лопатках турбины.

Подобные энергоустановки обладают коэффициентом полезного действия до 25-30% при частотах вращения выходного вала до нескольких тысяч оборотов в минуту. В Санкт-Петербургском техническом университете предложена простая и универсальная модель реактивной турбины в виде **Сегнера колеса** (рис. ниже).



В напорной части турбины происходит увеличение давления горячей воды, а в сопле Лавалья – ускорение горячей воды в сужающейся части сопла и расширение пароводяной смеси в расширяющейся части сопла. Таким образом, в **Сегнеровом колесе** происходит ускорение потока горячей воды, её испарение и расширение пароводяной смеси без изменения направления движения потока.

Подобные турбины имеют ряд принципиальных преимуществ:

- минимальное число подвижных деталей, что обеспечивает простоту технического обслуживания;
- высокая эффективность осесимметричных сопел как источника реактивного усилия на колесе;
- отсутствие рабочих лопаток, что снижает проблемы обтекания, и эрозии при прохождении пароводяной смеси;
- принципиально новые возможности регулирования мощности турбины.

Ориентировочная стоимость оборудования для гидропаровых турбин мощностью 100-150 кВт составляет 600–750 \$/кВт. По данным разработчиков оборудования: ЗАО НПВП «Турбоконт» г. Калуга и Института теплофизики СО РАН г. Новосибирск гидропаровые турбины могут эффективно использовать геотермальную воду с температурой 80–150°C.

#### Список литературы:

1. Максимов И.Г. Альтернативные источники энергии. М.: "Эко-Тренд", 2005. 387 с.
2. Феофанов Ю.А. Геотермальные электростанции. М.: "Эко-Тренд", 2005. 217 с.
3. Алхасов А.Б. Геотермальная энергетика: проблемы, ресурсы, технологии. М.: "Физматлит", 2008. 376 с.

## **ПРОБЛЕМА УНОСА ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ИЗ ПСЕВДООЖИЖЕННОГО СЛОЯ ПРИ ПНЕВМОМЕХАНИЧЕСКОМ СМЕШИВАНИИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ**

**Несмеянов Н.П., канд. техн. наук, проф.,  
Горшков П.С., канд. техн. наук, ст. преп.,  
Валяев А.А., аспирант.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Сегодня, строительные смеси представляют собой состав сухих компонентов, часть которых является высокотехнологическими модифицирующими добавками. Несмотря на то, что основными компонентами, формирующими свойства строительной смеси после твердения, являются минеральное вяжущее, заполнитель и вода, введение в такую систему модифицирующих добавок позволит изменять практически все характеристики готового продукта и получать строительную смесь с заданными свойствами, предназначенную для применения в различных условиях. Применение модифицирующих добавок в составах сухих строительных смесей позволит изменять в широких пределах технологические свойства этих смесей и откроет возможность широкого применения тонкослойных технологий и технологий машинного нанесения.

В большей степени модифицирующие добавки представляют собой органически созданные искусственные материалы с размером зерен от 1 мкм до 0,5...0,8 мм. При этом свойства таких добавок позволяют использовать их в малых количествах по сравнению с массой вяжущих и заполнителя. В среднем такие добавки составляют от 0,5% до 15% от общей массы смеси.

Столь малая концентрация таких компонентов налагает определенные условия в работу смесительного оборудования, где процесс смешения происходит за счет пневмомеханического воздействия на компоненты смеси.

Пневмомеханическое смешивание сопровождается постоянным движением воздушных потоков от устройства подачи воздуха (форсунок) к системе очистки. При этом большая часть компонентов смеси в процессе движения в слое изменяет направление движения, не достигнув верхнего уровня псевдооживленного слоя. Некоторое количество частиц попадает на верхнюю границу псевдооживленного

слоя и выносятся в надслойное пространство. Значительная доля частиц выносятся газовыми пузырями, выходящими из слоя.

Из полидисперсного слоя выносятся твердые частицы разного размера. Часть из них возвращается в слой, остальное составляют долю невозвратимого уноса. К последним относятся частицы со скоростью витания, меньшей скорости газового потока в надслойном пространстве. Однако не все твердые частицы с малой скоростью витания уносятся из слоя. Необходимым условием является выход частицы на уровень верхнего сечения псевдооживленного слоя, что, вследствие перемешивания твердой фазы и постоянных соударений твердых частиц, не всегда возможно. Исследования уноса частиц [2, 3] показывают, что даже при длительной продувке, без возврата унесенных мелких фракции в слой, в нем остаются частицы со скоростью витания, меньшей скорости газа в поперечном сечении слоя.

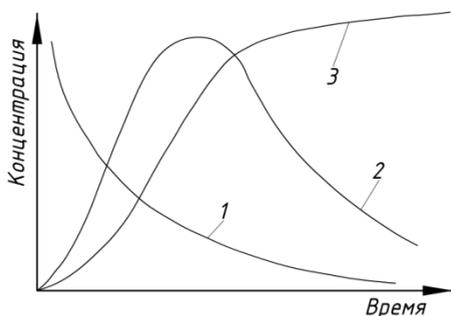


Рис. 1. Графики зависимости изменения количество уносимых частиц смеси воздушным потоком от времени:

- 1 – в псевдооживленном слое;
- 2 – в нижней зоне сепарационного пространства;
- 3 – в верхней зоне сепарационного пространства

На некоторой высоте надслойного пространства в газовом потоке содержится твердая фаза частиц различной фракции. Выше некоторого расстояния от слоя, называемого критическим, воздушный поток содержит частицы такого диаметра, которые могут транспортироваться газовым потоком. Следует отметить, что в надслойном пространстве на высоте, большей критической, может находиться небольшое количество частиц со скоростью витания выше средней скорости газа в аппарате, так как максимальная скорость газа в центре аппарата может превышать среднюю скорость [3].

На рисунке 1 представлены графики изменения во времени количество мелкозернистого материала в псевдооживленном слое (кривая 1), в

сепарационном пространстве, находящемся непосредственно над слоем (кривая 2) и в верхней зоне сепарационного пространства (кривая 3), в котором содержатся частицы со скоростью витания меньшей скорости потока [1].

Анализ графиков показывает, что с течением времени количество мелких фракций в слое уменьшается, при этом вначале темп снижения содержания мелких фракций достаточно велик. В полном соответствии с этим в начальный период продувания слоя наблюдается резкое увеличение содержания мелких фракций в той области сепарационного пространства, которая находится непосредственно над слоем смеси. Затем, по мере уменьшения количества мелких зерен компонента в слое и соответствующего снижения доставки этих частиц к свободной поверхности слоя, наблюдается уменьшение содержания их в сепарационном пространстве. Кривая 3, описывающая изменение во времени количества мелких фракций в верхней зоне сепарационного пространства имеет перегиб. Он наступает после того, как кривая 2 прошла через максимум. Скорость уноса начинает падать и вполне понятно, что уменьшается содержание мелочи в верхней зоне сепарационного пространства.

Из вышесказанного следует, что длительное смешивание сыпучих материалов с частицами модифицирующих добавок приводит к выносу этих частиц в зону невозвратимого уноса, что приводит к существенному снижению концентрации этих добавок в готовой смеси.

Следует иметь в виду, что вынос мелкозернистого материала из псевдооживленного слоя весьма сложный процесс, который зависит от структуры псевдооживленного слоя, фракционного состава твердого материала в нем, скорости газа и многих других параметров. Это обуславливает трудность расчета степени уноса материала.

Таким образом, пневмомеханическое смешивание материалов с использованием модифицирующих добавок должно учитывать унос твердых частиц материала воздушным потоком, а конструкция смесительного агрегата позволяла снизить степень этого уноса.

#### **Список литературы:**

1. Разумов И.М. Псевдооживление и пневмотранспорт сыпучих материалов. М.: Изд-во «Химия», 1972. 240 с.
2. Грекова А.М., Манаков Н.Х. Химия и технология топлива и масел. 1963. №1,4.
3. Баскаков А.П. Химическая промышленность. 1968. №7.

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Нестеренко В.А., студент,

Паращук О.В., ассистент

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Ветроэнергетические установки (ВЭУ) малой мощности предназначены для автономного и резервного электроснабжения. В зависимости от ориентации оси вращения по отношению к направлению потока ветрогенераторы могут быть классифицированы следующим образом:

- с горизонтальной осью вращения, параллельной направлению ветрового потока или перпендикулярной направлению ветра (подобные водяному колесу);
- с вертикальной осью вращения, перпендикулярной направлению ветрового потока.

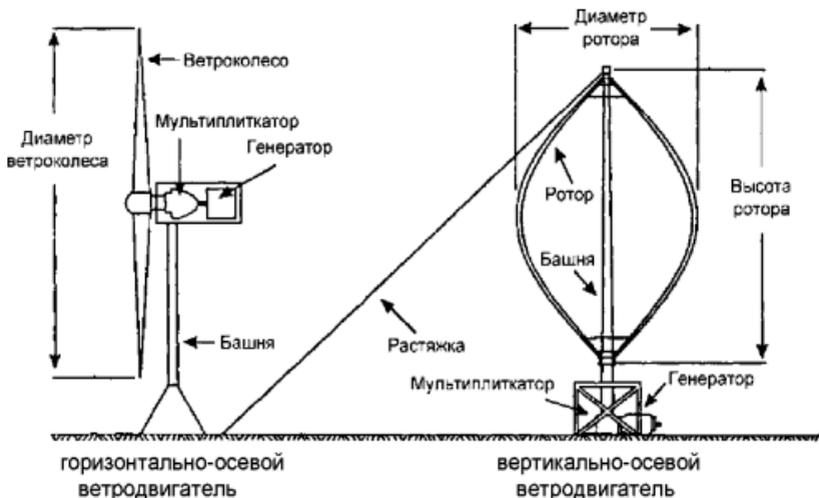


Рис. 1. Типы конструкций ветроустановок

Наибольшее распространение получили горизонтально-осевые ветроэнергетические установки (ГОВЭУ), или, так называемые, пропеллерные установки.

До недавнего времени главным недостатком вертикально-осевых ветроэнергетических установок (ВОВЭУ) ошибочно считалась невозможность получить быстроходность больше единицы (для горизонтально-осевых пропеллерных ВЭУ быстроходность возможна больше пяти). К недостаткам также относили: неравномерность крутящего момента, зависимость частоты вращения ветроколеса от скорости ветра и большая пусковая скорость ветра (около 15 м/с).

Сравнительная характеристика ВЭУ представлена в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика ветровых энергетических установок

<b>Параметр</b>	<b>ГОВЭУ</b>	<b>ВОВЭУ</b>
Диапазон вырабатываемых мощностей	1 кВт – 7 МВт	200 Вт – 1 МВт
Необходимая скорость ветра	От 3-5 м/с	От 1,5 м/с
Конструктивные достоинства	Высокая эффективность при стабильном направлении ветра	Малозумность, эффективность при разнонаправленном порывистом ветре, низкая стартовая скорость, надёжная и простая конструкция
Конструктивные недостатки	Низкая эффективность от турбулентностей, шум выше нормы, низкий КПД при малых скоростях ветра, ограничение по максимальному ветру	Вопрос самозапуска ротора Дарье, высокая материалоемкость

Выработка электроэнергии ветроагрегатом в месте его установки зависит от энергетических характеристик ветра и конструкции ветроагрегата. Размер ВЭУ зависит от предполагаемого использования. Основной характеристикой, определяющей размер этих систем, является мощность ветроагрегата. Мощность ветроэнергетических установок рассчитывается по следующей формуле:

$$P = \frac{\rho \cdot S \cdot V^3}{2},$$

где  $V$  – скорость ветра,  $\rho$  – плотность воздуха,  $S$  – ометаемая площадь. Таким образом, мощность, энергия зависит от скорости ветра и ометаемой им площади.

На скорость ветра оказывают значительное влияние географические условия и характер земной поверхности, включая различные природные и искусственные препятствия, такие, как холмы, деревья и здания. По этой причине ВЭУ располагают, по возможности, на возвышенных и удаленных от высоких деревьев, жилых домов и других сооружений местах, т.к. такие препятствия снижают скорость ветра и приводят к завихрениям потока, затрудняющим преобразование энергии ветра.

Среднегодовая скорость ветра ( $V_c$ ) характеризует ветровой потенциал территории. Это скорость ветра, которая определяется как среднее арифметическое значение всех наблюдаемых скоростей ветра в течение года.

Для выявления регионов, наиболее обеспеченных ветровой энергией, выполняют зонирование территории по средней скорости ветра (рис. 2).

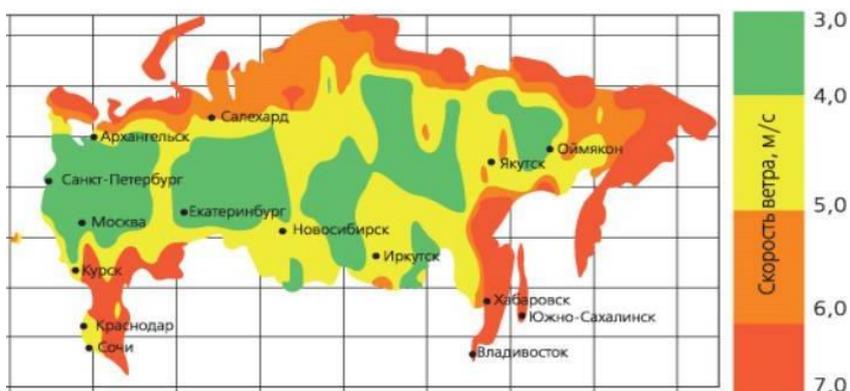


Рис. 2. Зонирование по средней скорости ветра

Исходя из данных зонирования видно, что на территории Белгородской области скорость ветра составляет 3-4 м/с.

Более детальные данные о средней скорости по районам Белгородской области представлены в таблице 2.

Таблица 2

Среднегодовая скорость ветра в Белгородской области

Расположение метеостанции	Среднегодовая скорость ветра (на высоте 10м)	Средняя скорость ветра (м/с)				Максимальная скорость ветра (м/с)
		Зима	Весна	Лето	Осень	
Белгород	3,9	4,5	3,9	3,4	3,9	20
Валуйки	2	2,5	2	1,6	1,9	19
Губкин	2,8	3,3	2,9	2,3	2,8	22
Новый Оскол	2,2	2,7	2,3	1,8	2,2	20
Пролетарский	2,9	3,4	2,9	2,2	2,9	21
Старый Оскол	4	4,4	4	3,2	4,1	23

Из представленных данных можно сделать вывод, что в Белгородской области эффективней применять вертикально-осевые ветроэнергетические установки, так как скорость ветра в разных районах области редко превышает 3 м/с.

#### Список литературы:

1. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии; пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1990.
2. Соломин Е.В. Ветроэнергетические установки ГРЦ-Вертикаль // Альтернативная энергетика и экология. 2010. №1. С. 10–15.
3. Воронин С.М., Бабина Л.В. Работа ветроустановки при изменении направления ветра // Альтернативная энергетика и экология. 2010. №1. С. 98–100.
4. Ветровой генератор Вертикальный [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://teploplen.com/vetrogenerator.html>
5. Основные недостатки горизонтальных ветрогенераторов [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.enmir.ru/osnovnyie-nedostatki-gorizontalnyh-vetrogeneratorov.html>
6. Атласы ветрового и солнечного климатов России. – СПб: Изд-во им. А.И. Воейкова, 1997. 173 с.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОБИЛЬНЫХ ПНЕВМОТРАНСПОРТНЫХ УСТАНОВОК БГТУ**

**Николов В.О., студент,  
Грищенко Т.В., студент,  
Чертов В.Г., канд. техн. наук, доц.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

С развитием техники и технологий неблагоприятное техногенное воздействие на природу и ее ресурсы непрерывно возрастает. В холодный период времени, основное логическое противоречие традиционного способа обеспечения работоспособности транспортной инфраструктуры путем уборки дорог и территорий от снега и льда, заключается в том, что чистый снег преднамеренно загрязняется агрессивной солью и песком, которые после естественного растопления, служат самостоятельными источниками загрязнения для растительности, грунтовых и питьевых вод (изначальной цепочки питания), дорогостоящей дорожной автоматики и автотехники. Предлагаемый высокопроизводительный способ позволяет производить окончательную очистку дорожного полотна и тротуаров ото льда насухо, экологически чистым способом, после предварительной очистки. Чистая ото льда дорога не нуждается в обработке солью и песком. Проблема крупной экологической катастрофы, безвозвратной потери наиболее ценного минерального и пищевого ресурса, загрязнения горизонтов питьевой воды для крупных мегаполисов актуальна на сегодняшний день, что в ближайшем будущем может потребовать колоссальных энергозатрат.

С другой стороны, в процессе промышленной переработки различных сыпучих материалов создаются значительные массы просыпи, а на строительных конструкциях, крановом и другом оборудовании осаждаются большие количества пыли. Образующаяся в процессе технологических операций пыль загрязняет воздушную среду помещений, поверхности строительных конструкций и оборудования. При регулярной высокопроизводительной вакуумной уборке вновь осевшая пыль не теряет своих свойств, легко удаляется и утилизируется, а слежавшаяся и схватившаяся, например цементная пыль, со временем с трудом удаляется даже с помощью отбойного молотка, и может привести к обрушению конструкций, что неоднократно подтверждалось практикой. Т.о. для промышленности

стройматериалов задача своевременного сбора и утилизации не успевшей схватиться пыли, обладающей вяжущими свойствами, является актуальной. Своевременная пылеуборка также обеспечивает актуальную профилактику профзаболеваний, снижает риск возникновения пожара и взрыва для возгораемой и взрывоопасной пыли. Для сбора непрогнозируемых аварийных и текущих пылевых выбросов актуальна разработка и внедрение нового оборудования мобильных пневмотранспортных установок (МПУ БГТУ) различной производительности.

На базе пылеуборочной техники, могут быть созданы пылесосы-автоматы, техника для строительства и ремонта зданий, дорог, мостов и др. сооружений экономичным методом скользящей опалубки, минуя стадию производства ЖБИ по аналогии с подобными устройствами, выпускаемыми за рубежом, ремонтировать дороги: механически разделявать, очищать, высушивать и заделывать трещины дорог специальным составом, ремонт и нанесение наливных герметичных кровель, убирать деревья, бетонировать столбы не повреждая газон и тротуар, который не выдерживает веса тяжелой техники. Машина может перестраиваться для уборки стен и крыш, а также для уборки слипающего и слеживающегося материала, нанесения и удаления напоякрытий, наливных полов, кровель и т.д.

Предлагается принципиально новая разработка, защищенная 32 изобретениями ряда мобильных пылесосных установок (МПУ), которые находят распространение в последнее время и позволяют осуществлять не только плоскую, но и объемную уборку в автоматическом режиме, имеют максимальную единичную производительность - насадка до сотни раз выше, чем в традиционных пылеуборочных установках. Реализация проекта позволит получить тройной экологический эффект, существенно улучшить экономические и технические показатели установок, в несколько раз повысить производительность, механизировать, а в перспективе и автоматизировать процесс эксплуатации и ремонта дорожной сети.

МПУ являются частью широко распространенного трубопроводного транспорта. В настоящее время передвижные трубопроводные установки, имеющие мобильные пространственные трубопроводы, представлены только бетононасосами. Этот ряд предлагается дополнить рядом мобильных пневмотранспортных установок, и представляется новое название для всего класса этих машин: мобильные трубопроводные установки (МТУ). Общие виды мобильных трубопроводных установок показаны на рис. 1 и 2. Общий

вид рекомендуемой установки по переработке отходов приведен на рис. 3, а). Вовремя собранные сухие растительные остатки с прилегающих территорий являются ценным сырьем для изготовления экологически чистых новых строительных материалов типа ДСП, ДВП или арболита рис. 3, б).

На рис. 4 представлены общие виды и технические характеристики МПУ, различной производительности, под разнообразные условия потребителей.

Транспортная проблема, с увеличением автомобильного парка, существенно усугубляется, и для ее разрешения необходим системный подход с учетом всех факторов. На базе установки, представленной на рис. 5 может быть выполнена машина, для разделки трещин и одновременной ее заделки собранным и модифицированным составом дорожного полотна. Разделка и заделка трещин может осуществляться в полуавтоматическом или автоматическом режиме, круглосуточно и в ночной период времени при спаде интенсивности движения, и минимальном количестве обслуживающего персонала.

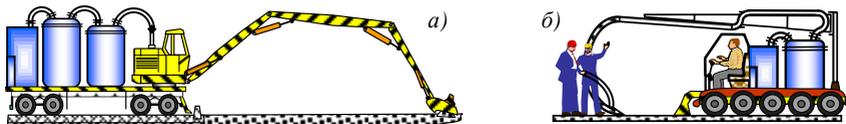


Рис. 1. Мобильные пневмотранспортные установки (МПУ):  
 а) дорог и территорий производительностью 40 т/ч  
 б) помещений производительностью 10 т/ч

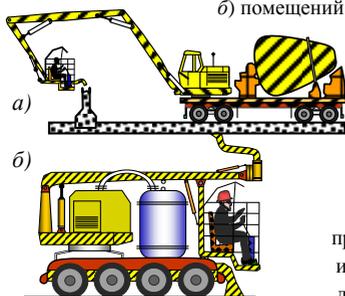


Рис. 2. Машины для ремонта дорог и сооружений (АПС):

а) дорог и территорий производительностью до 50 т/ч,  
 б) для помещений производительностью до 10 т/ч



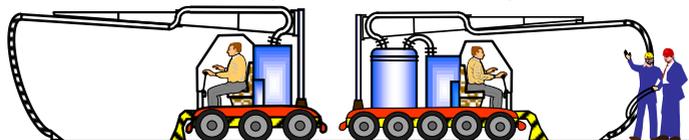
Рис. 3. Малотоннажная линия производства листовых материалов из отходов производительностью до 1 т/ч (а), б) образцы строительных материалов из отходов



Новые экономические и конструктивные перспективы открываются при применении в качестве воздуходувки в МПУ большой

производительности газотурбинной установки, в комплекте с пневмоприводом. Применение воздуха делает привод более безопасным, в несколько раз снижает его материалоемкость и себестоимость, существенно упрощает конструкцию.

В этом случае отпадает необходимость в многократном преобразовании энергии, вызывающем лишние потери, поскольку не требуется преобразовывать энергию газа в электрическую, а затем в механическую. Т.о. отпадает необходимость в дорогостоящих: генераторе, преобразователе частоты и высокоскоростном редукторе, затраты на которые могут в сумме составлять более 60% стоимости ГТУ. Общий вид МПУ большой производительности и изобретения полученные БГТУ по данному направлению, представлен на рис. 5. Представленная на рис. 5 установка, выполненная с турбоприводом, позволяет использовать энергию отходящих газов для растопления собранной ледяной корки дорог, с уменьшением ее объема в десятки раз и дальнейшей ее технологичной утилизации в ливневую канализацию.



№ п/п	Параметр	Размерность	Типоразмер										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Производительность по материалу	т/час	1,2	3	5	7	10	21	32	45	70	90	120
2	Производительность по воздуху*	тыс. м³/час	0,3	0,6	1,1	1,6	2,3	4,2	6,3	10	14	16	19
3	Мощн.воздуходувки	кВт	4,0	8,5	15	24	34	60	94	135	180	240	340
4	Диаметр рукава	мм	50	75	100	125	150	200	250	300	350	400	500

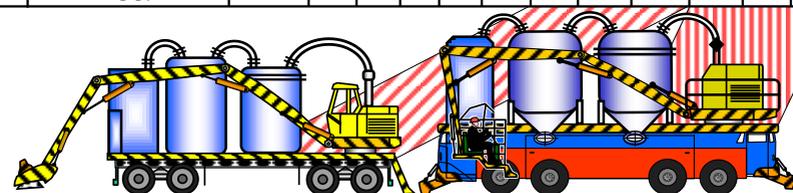


Рис. 4. Машины уборки предприятий и территорий (МПУ-\*)

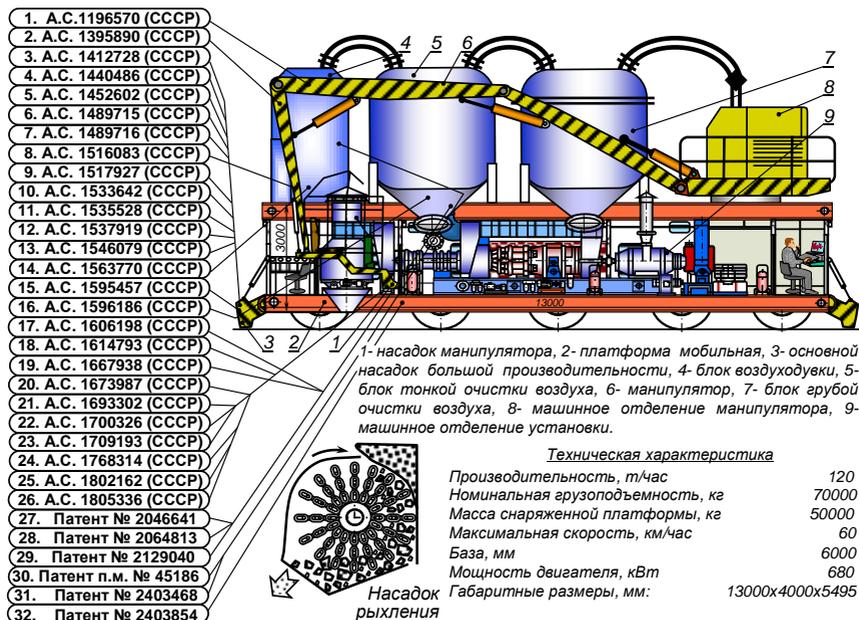


Рис. 5. Общий вид МПУ большой производительности

В результате проведенных работ, в предлагаемых мобильных пневмотранспортных установках разработана и предлагается к реализации программа комплексного энергоресурсосбережения МПУ:

1) Своевременный объемный сбор пыли позволяет исключить накопление и падение глыб слежавшегося материала, и связанные с этим аварии оборудования и травмы персонала.

2) Механизации и автоматизации процесса удаления и утилизации пыли по всему объему помещения.

3) Обеспечения гибкой круглосуточной работы установок и повышения фондоотдачи.

4) Применения разработанного малоэнергоемкого оборудования МПУ БГТУ.

5) Многократного сокращения длины пневматической транспортировки материала.

6) Перемещение манипулятора по всему объему помещения расширяет функциональные возможности, уменьшает капзатраты и

гораздо менее энергозатратно, чем всей машины, мобильная установка заменяет несколько стационарных.

7) Применения разработанного комплекса из 10 типоразмеров МПУ и СПУ обеспечивающих оптимальные 2-х уровневые режимы регулирования процесса сбора пыли установкой, в зависимости от распределения материала и его количества оперативным числом работающих установок.

8) Своевременная высокопроизводительная уборка летучей пыли гораздо менее энергозатратная, чем уборка схватившейся и слежавшейся пыли.

9) Профилактика и ликвидация техногенных аварий и катастроф.

10) Исключения соли из процесса обработки дроб от наледи и значительного экономического, и экологического ущерба, устранения загрязнения горизонтов питьевой воды.

11) Полноценной утилизации убираемого материала без потери его свойств, предлагаемыми технологиями и оборудованием переработки отходов для прилегающих территорий и их полезным вторичным использованием, что дополнительно повышает эффективность установок.

12) Особенно необходимо отметить социально экологический аспект проблемы. Предлагаемая технология позволяет производить очистку снега отвалом, фрезерование металлической щеткой и удаление ледяной корки насухо. Чистая ото льда дорога не нуждается солью и песком. Соль бесполезна на толстом накате и большом морозе. Соль и песок агрессивная среда для автомобилей, электроники и особенно для горизонтов питьевой воды, без которой невозможно само существование человека. Соль бесполезна на толстом накате и большом морозе. Для ликвидации последствий снегопадов, особенно для дворовых территорий, важна энерговооруженность. При больших снегопадах энергии 1 человека или 10 и даже 100 с лопатой, явно не достаточно, т.е. энерговооруженность необходимо повышать в тысячи раз. На сильном морозе человек долго работать не может. Механизированные дворники могут по очереди работать круглосуточно и одновременно контролировать общественный порядок на территории. Установка представляет собой передвижную электростанцию, что позволяет оперативно осуществлять текущий ремонт и благоустройство территорий. При традиционной уборке бактерии и вредности часто буквально не убираются, а размазываются или разносятся по территории, что усложняет соблюдение карантинных мероприятий для животных и человека. Мобильные пневмотранспортные установки

(МПУ) БГТУ позволяют осуществлять профилактику: автоматизировать сбор, локализацию и нейтрализацию опасных бактерий, канцерогенной дорожной, ядовитой и пр. вредной пыли, (полезной пыли не бывает). Для крупных инцидентов типа африканской чумы свиней (АЧС) затраты на профилактику в 1000 раз меньше чем на их ликвидацию. Освоение серийного производства мобильных пневмотранспортных установок решает основные отечественные проблемы интеллектуальным путем: обеспечивает занятости науки и производства в десятки тысяч рабочих мест, экономит и механизмирует тяжелый ручной труд, существенно повышает культуру эксплуатации дорог, прилегающих территорий и сооружений, реализация производимого в регионе металла в виде готовых изделий многократно повышает эффективность научно-производственного комплекса и обеспечит значительную дополнительную прибыль региону.

#### **Список литературы:**

1. Чертов В.Г. Энерго- и ресурсосбережение мобильных пневмотранспортных установок в строительстве, производстве, ремонте, эксплуатации // Вестник Белгородского технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №1. С. 82-86.
2. Чертов В.Г. Новые технологии, техника, экология уборки, содержания, ремонта дорог, территорий, предприятий // Вестник Белгородского технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №2. С. 72-77.
3. Чертов В.Г. Повышение производительности мобильных пневмотранспортных установок в строительстве, производстве, ремонте, эксплуатации // Вестник Белгородского технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. № 2. С. 107-112.
4. Патент РФ 2064813 РФ, МПК<sup>6</sup> А4 L 19/24. Чертов В.Г. Ремонтно-строительный пылесос-комбайн // Патент России № 2009119620/12. 2010. Бюл. № 32.

## СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТОЯНОЧНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

**Новиков И.А., канд. техн. наук, доц.,**

**Гай Л.Е., аспирант**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Мероприятия в сфере паркинга в большинстве городов мира либо отсутствуют, либо осуществляются в недостаточной степени, либо направлены на то, чтобы сделать беспрепятственным передвижение на автомобиле. Все большее количество европейских городов, наоборот, проводят мероприятия по паркингу для достижения таких целей, как улучшение экологической обстановки, снижение заторов на улицах города, организации упорядоченного движения транспортных средств и пешеходов, снижению уровня выброса выхлопных газов, а также освобождению проезжей части для строительства велосипедных дорожек и тротуаров [1].

Развитие технического прогресса за последнее десятилетие позволяет более эффективно осуществлять мероприятия по паркингу. Частные компании, наряду с муниципальными организациями, способны более эффективно осуществлять договорные обязательства и предоставлять качественные услуги в сфере паркинга. Новейшие достижения в области программного обеспечения и оборудования предоставляют широкие возможности для улучшения процесса паркинга транспортных средств. Ниже представлены четыре технологии, позволяющие осуществлять более эффективное управление паркингом: интеллектуальная система управления стоянками; счетчик времени стоянки; оплата за стоянку по мобильному телефону; автомобили-сканеры [3].

1. В среднем на поиски свободного места парковки водители тратят 25% времени. Если водители не информированы об расположении свободной стоянки, возможны частые и опасные остановки на обочинах, в то время как стоянки пустуют. Аналогично в городах, если введен запрет на стоянку, то рядом необходимо поместить указатель о направлении движения и расстоянии до разрешенной стоянки. Информационные табло, работающие в режиме реального времени, размещенные на проезжей части, указывают направление к доступным парковочным местам на ближайших стоянках. Система автоматической сигнализации о наличии свободных мест на стоянках функционирует

при помощи детекторов, которые ведут непрерывный подсчет въездов и выездов автомобилей на всех стоянках, информация передается в вычислительное устройство. При этом автоматически включаются и выключаются светящиеся стрелки на специальных табло, размещенных перед перекрестками улиц, благодаря чему водитель получает информацию, в каком направлении ему рекомендуется двигаться к стоянке, имеющей свободные места. Использование интеллектуальной системы управления стоянками позволяет организовать процесс парковки в центральной деловой части городов [1].

2. Принцип действия счетчика времени стоянки основан на воздействии магнитного поля излучающего устройства на металлический корпус автомобиля, который позволяет обнаружить стоящий напротив него автомобиль. Счетчик времени стоянки автомобиля через GPRS-канал связан с компьютером дорожно-патрульной службы и оповещает инспекторов об автомобилях, превысивших время стоянки. В свою очередь ту же информация получает и владелец автомобиля на свой мобильный телефон. Подобные счетчики установлены и успешно работают во Франции.

3. В европейских странах распространен способ оплаты за парковку посредством карт оплаты, наличных средств и кредитных карт (рисунок 1). Наиболее эффективным и удобным способом оплаты является оплата за стоянку посредством мобильного телефона. Этот способ оплаты полностью прозрачен и исключает «утечку» денежных средств, так как оплата осуществляется в единую компанию по сбору платежей за парковку. До того, как такая система была установлена в округе Вестминстер, в Лондоне, городской бюджет терял около £200 000 в неделю. Частная компания «Verrus» осуществляет сбор платежей за стоянку и получает 10% от общего объема выручки. В Стокгольме клиенты платят абонентскую плату компании «EasyPark» в размере €3,00 в месяц и комиссионные сборы за операцию €0,50. Компания «EasyPark» получает 3% прибыли от общего объема выручки. Города, которым только предстоит внедрение механизмов сбора платы за стоянку, могут избежать проблем, связанных с утечкой денежных средств, применив способ оплаты за стоянку по мобильному телефону. Взимание платы, размер которой обычно определяется продолжительностью пребывания автомобиля на стоянке, не только позволяет возместить строительные и эксплуатационные расходы, но и обеспечивает более рациональное использование стоянки владельцами автомобилей.



Рис. 1. Автоматы оплаты за стоянку

4. Контроль над соблюдением правил стоянки в Амстердаме приобрел технический характер. Фургон с шестью камерами, установленными на крыше транспортного средства (по три с каждой стороны), передвигаясь со скоростью 40 км/ч, делает более 160 фотографий в секунду. Сканеры фиксируют номерной знак автомобилей-нарушителей с помощью автоматизированной технологии распознавания. Уровень точности работы фургона составляет 98%. За фургоном следуют трое парковщиков на мотоциклах, выписывающих протоколы об административном правонарушении. В некоторых

административных округах Лондона для выявления нарушения правил стоянки применяются скрытые камеры видеонаблюдения.

5. Следующий этап нововведений в области паркингов, в частности способе сбора оплаты за стоянку, будет заключаться в слиянии навигационной системы и вмонтированного в автомобиль стояночного счетчика, который будет определять время и место стоянки транспортного средства. В целях оптимизации работы системы парковок уже делаются попытки использования навигационной системы для определения стоимости стоянки в зависимости от местонахождения автомобиля, времени суток и дня недели.

Потребность в автомобильных стоянках имеется вблизи всех объектов притяжения населения, а также на автомобильных дорогах связанная с необходимостью отдыха водителей, осмотра транспортных средств и т.д.

Стоянки автомобилей около тротуара имеют «зону влияния» (маневрирующих в зоне стоянки автомобилей – въезд, выезд). Ширина этой зоны в зависимости от схемы расстановки автомобилей колеблется в пределах 4,5 – 8,0 м [2].

Таким образом, при высоком уровне автомобилизации запрещение или ограничение временной стоянки может оказаться крайне неудобным. Частные автомобили находятся в движении не более 10 % дневного времени. Поэтому чтобы достигнуть общей эффективности использования автомобилей наряду с применением технических средств организации автомобильных стоянок необходимо их оптимальное распределение в пространстве и во времени.

#### **Список литературы:**

1. Клинковштейн Г.И., Афанасьев М.Б. Организация дорожного движения: Учебник для вузов. – 5-е изд., переработано и дополнено. М.: Транспорт, 2001. 247 с.
2. Коноплянко В.И. Организация и безопасность дорожного движения. М.: Высшая школа, 2007. 312 с.
3. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения: Учеб. для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1990. 254 с.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВОГО ВИДА СТЕКЛА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРИПЛЕКСА

**Новиков И.А., канд. техн. наук, доц.,**

**Кудинов Д.В., аспирант**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Повышение пассивной безопасности автомобиля – одна из наиболее острых задач для отечественного и зарубежного автомобилестроения. При авариях до 34% всех поврежденных элементов кузова легкового автомобиля приходится на ветровое стекло, что происходит обычно в результате воздействия на него головой водителя или пассажиров. Получаемые при этом травмы отличаются особой тяжестью. Для повышения безопасности автомобиля ветровым стеклам уделяется большое внимание. Широко используют безопасные стекла двух типов: закаленные и многослойные.

Первые разрушаются без образования осколков с острыми углами, которые могут привести к опасным порезам. Закаленные стекла обладают большей упругостью, чем отожженные, благодаря поверхностным напряжениям сжатия, и поэтому лучше поглощают энергию удара. Недостатком является потеря прозрачности за счет растрескивания при неполном разрушении.

Многослойные стекла при ударах разрушаются с образованием трещин, направленных радиально от места приложения силы. Их прозрачность практически не меняется, а осколки удерживаются на пластичной прослойке. Недостатком таких стекол является повышенный травматизм при разрушении, что связано с образованием острых осколков, так как многослойный пакет традиционно комплектуется отожженными стеклами. Снижение тяжести травм при ДТП представляется за счет повышения прочности стекла и уменьшения его толщины.

В настоящее время существует множество видов многослойных изделий из стекла. Основными из них являются: *триплекс*; *стекло защитное многослойное*, которое в свою очередь подразделяется на *ударостойкое стекло*, *устойчивое к пробиванию стекло* и *пулестойкое стекло*.

Для выработки многослойных изделий из стекла целесообразнее применять новейшие разработки, связанные с данной отраслью производства.

Одной из таких разработок является СТО-стекло или арморит. Данный вид продукции, с наведенными поверхностными напряжениями, сочетает в себе свойства отожженного и закаленного стекол.

СТО-способ – процесс воздушной закалки с переменной интенсивностью и временем охлаждения стекла, который позволяет производить стекло, сочетающее в себе высокую прочность и способность воспринимать порезку без саморазрушения. Это достигается следующим образом. Стекло нагревают до начальной закалочной температуры  $T_0$ . Далее стекло, имеющее температуру  $T_0$ , подвергают кратковременному импульсному охлаждению путем воздушнотруйного обдува в течение короткого промежутка времени  $t_{\text{и.о.}}$  – не более 3 секунд. После этого стекло выдерживают в условиях естественной конвекции воздушных масс в течение времени, необходимого для охлаждения до комнатной температуры. В результате эпюра закалочных напряжений в стекле приобретает вид, приведенный на рисунке 1. Величина внутренних растягивающих напряжений  $\sigma_p$  не превышает 15% от величины сжимающих напряжений  $\sigma_{сж}$ . Столь низкая величина растягивающих напряжений  $\sigma_p$ , распределенных почти равномерно по толщине растянутого слоя стекла и уравновешенных сжимающими напряжениями, обеспечивает возможность механической обработки стекла без его саморазрушения. При этом величина сжимающих поверхностных напряжений  $\sigma_{сж}$ , обеспечивающих высокую прочность стеклу, составляет 60 – 90 % от величины сжимающих поверхностных напряжений в стекле, получаемом традиционным способом (рис. 1).

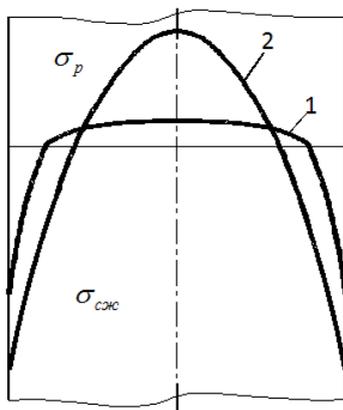


Рис. 1. Эпюры внутренних закалочных напряжений при различных способах термической обработки:  
1 – сложная термическая обработка; 2 – традиционная закалка

СТО-стекло соответствует требованиям, предъявляемым к сталиниту по прочности, а также способно воспринимать любую механическую обработку подобно отожженному стеклу без саморазрушения.

Применение арморита при производстве многослойных изделий из стекла позволит снизить их стоимость и общую массу при сохранении заданных свойств.

#### Список литературы:

1. Использование стекла в композиционных материалах и строительстве : учеб. – практ. пособие / сост.: Н.Ф. Жерновая, В.И. Онищук, В.П. Крохин. Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 1999. 55 с.
2. Технология листового стекла и стеклоизделий: учеб. пособие / Н.Ф. Жерновая. Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. 181 с.
3. Стекло и керамика в архитектуре [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.М. Воронцов, И.И. Немец ; БГТУ им. В.Г. Шухова. – Электрон. текстовые дан. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 1 эл. опт. диск (CD-RW).
4. Контроль производства и качества продукции : учеб. пособие / Н.И. Минько, В.И. Онищук, Н.Ф. Жерновая. Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 1998. 109 с.
5. Крамарев С.Н. Эжекторная закалочная установка: Автореф. дис. канд. техн. наук. Белгород, 2004. 22 с.

6. Контроль производства и качества продукции : учеб. пособие / Н.И. Минько, В.И. Онищук, Н.Ф. Жерновая. Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 1998. 109 с.
7. Свойства стекол и стеклокристаллических материалов : учеб. пособие / Н.Ф. Жерновая, З.В. Павленко. Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. 137 с.
8. Кузенко А.А. Автоматизация технологического процесса отжига стеклоизделий сложной конфигурации в конвейерных печах с комплексированными источниками энергии: дис...канд. техн. наук. Белгород, 2005. 168 с.
9. Новиков И.А. Безопасное стекло: монография. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 104 с.

## БАЗОВЫЕ СХЕМЫ ОЧИСТКИ АСПИРАЦИОННОГО ВОЗДУХА РЕЦИРКУЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ

**Овсянников Ю.Г., канд. техн. наук, доц.,  
Агарков А.М., аспирант,  
Локтионов И.С., студент**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Рассмотрим возможные варианты расположения циклонного пылеуловителя в системе аспирации с принудительной рециркуляцией, место установки, которого будет зависеть от концентрации пыли в аспирируемом воздухе и ее абразивных свойств, а также требований предъявляемых к очистке рециркуляционного воздуха.

Расположение циклонного пылеуловителя в напорной или всасывающей магистралях системы обуславливается приемлемостью величины концентрации пыли в аспирируемом воздухе и ее абразивных свойств, эксплуатационным возможностям используемого вентилятора.

Необходимость в очистке воздуха, направляемого в линию рециркуляции, возникает в тех случаях, когда запыленность рециркуляционного воздуха может существенно повысить концентрацию пыли на входе в пылеуловитель, а также, если частицы пыли являются готовым продуктом и их возврат в аспирируемое оборудование технологически неоправдан или недопустим.

Учитывая сказанное, при использовании циклона в качестве пылеуловителя аспирационной системы (АС) с принудительной рециркуляцией возможны два варианта его расположения в схеме (рис. 1а, б).

Установка циклона во всасывающей магистрали АС (рис. 1а) способствует снижению абразивного износа прочной части вентилятора 2 и позволяет отказаться в ряде случаев от использования пылевых вентиляторов, а также одновременно обеспечивает очистку воздуха подаваемого в линию рециркуляции. Однако, габаритные размеры циклона в данном случае соответствуют объемам аспирации.

Размещение циклона в линии выброса АС (рис. 1б) позволяет сократить габариты используемого аппарата и свести их к размерам, обусловленным объемами выбросов  $Q_в = Q_а - Q_р$  системы. Уменьшение же типоразмера применяемого циклона позволит повысить эффективность очистки [1–3]. Однако рассматриваемая схема будет приемлема только в том случае, когда не требуется очистка воздуха,

подаваемого в линию циркуляции. В противном случае потребуется дополнительный пылеуловитель, что усложнит схему аспирационной системы и сделает ее экономически нецелесообразной.

Гидравлическое сопротивление рассмотренных схем очистки, как и расходы аспирируемого воздуха будут практически одинаковы, что обусловит идентичные энергетические затраты аспирационной системы. Необходимо также отметить, что в обоих случаях необходимо наличие элемента, позволяющего произвести деление аспирируемого воздуха на рециркуляционный и удаляемый из системы.

Используя методику расчета циклонных пылеуловителей НИИОГаз [2] была определена зависимость эффективности очистки от диаметра корпуса аппарата. Анализ полученной зависимости показал, что наиболее существенный рост степени очистки наблюдается при уменьшении диаметра циклона более чем на 25...30%, т.е. при относительном расходе рециркуляционного воздуха системы  $q=Q_p/Q_a > 0,5$ , что редко может быть реализовано на практике.

Анализ результатов проведенных аэродинамических исследований рециркуляционных систем и статистических данных по величинам соотношений составляющих ( $Q_n, Q_{ж}$ ) объемов аспирации обычных АС [4] свидетельствует о том, что значение  $q$  для рециркуляционных систем аспирации технологического оборудования механической переработки и транспортирования сыпучих материалов составит 0,25...0,5.

В указанном диапазоне изменения расхода рециркуляционного воздуха наиболее перспективным является использование центробежных пылеконцентраторов, что обуславливается рядом существенных преимуществ данных аппаратов. В сравнении с традиционными циклонами, пылеконцентраторы обладают более высокой степенью очистки воздуха при пониженном гидравлическом сопротивлении, а также позволяют осуществить деление аспирируемого воздуха на рециркуляционный и удаляемый из системы непосредственно в самом аппарате.

На рис. 1в,г представлены возможные варианты расположения пылеконцентраторов в схеме АС. В обоих случаях при необходимости очистки рециркуляционного воздуха потребуется дополнительный пылеуловитель. При установке пылеконцентратора во всасывающей магистрали системы (рис. 1в), необходимо наличие дополнительного вентилятора в линии рециркуляции, что естественно усложнит схему и затруднит ее практическое использование.

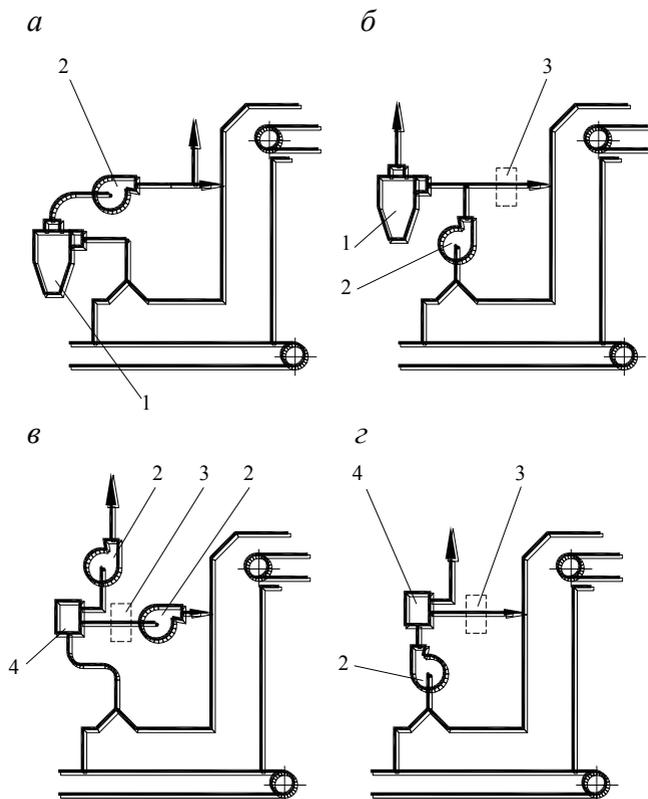


Рис. 1. Варианты расположения циклона (*а,б*) и пылеконцентратора (*в,г*) в АС с принудительной рециркуляцией:  
 1 – циклон; 2 – вентилятор; 3 – дополнительный пылеуловитель;  
 4 – пылеконцентратор

Из сказанного следует, что использование в качестве пылеуловителя систем аспирации с принудительной рециркуляцией традиционных циклонов является обоснованным при:

-неприемлемости величины концентрации пыли аспирируемом воздухе и ее абразивных свойств эксплуатационным возможностям вентилятора (рис. 1а);

-доминирующей доле объемов эжектируемого воздуха в объемах аспирации, позволяющей достичь существенного (более 50%) снижения расхода удаляемого из системы воздуха (рис. 1б).

При  $Q_p < 0,5Q_a$  и возможности эксплуатации пылеуловителя в напорном режиме наиболее предпочтительным является использование пылеконцентраторов.

Существующие конструкции пылеконцентраторов (прямоточные и противоточные циклоны с принудительным выводом пылегазовой смеси) конструктивно рассчитаны на малые объемы рециркуляции (не более 20%, от расхода очищаемого воздуха) [5...9], что и является основной из причин, затрудняющих их использование в АС с принудительной рециркуляцией. В связи, с чем возникает необходимость в разработке таких аппаратов применительно к режимам и условиям эксплуатации в рециркуляционных системах.

Наряду с повышенной степенью очистки и более низким гидравлическим сопротивлением (в сравнении с циклонами), способствующими достижению поставленной цели исследований, особенности аэро- и пылединамики рециркуляционных систем диктуют ряд дополнительных требований к эксплуатационным характеристикам пылеконцентраторов.

1. Широкий диапазон варьирования относительного расхода рециркуляционного воздуха системы ( $q = 0,2 \dots 0,5$ ).

2. Возможность (при необходимости) очистки рециркуляционного потока воздуха. Причем, обеспыливание должно осуществляться непосредственно в самом аппарате, что позволит исключить применение дополнительного пылеуловителя 3 (рис. 1г).

Как показали проведенные исследования, степень влияния запыленности рециркуляционного потока на концентрацию пыли в аспирируемом воздухе не потребует высокой эффективности очистки потока  $Q_p$ .

3. Наряду с делением очищенного потока воздуха на удаляемый из системы и рециркуляционный, аппарат должен обеспечить давление, достаточное для преодоления гидравлического сопротивления линии рециркуляции.

4. Приемлемость габаритных размеров ЦПК. Размещение циклонов в производственных помещениях обычно осложняется не радиальными размерами аппаратов, а их высотой. Например, высота циклона ЦН-15 диаметром 0,3 м в сборе с раскручивающей улиткой, нормализованным бункером и затвором-мигалкой может достигать 3,3 м [2, 10], т.е. превышает диаметр аппарата в 11 раз. Необходимость снижения

габаритных размеров пылеконцентраторов диктуется также децентрализованностью рециркуляционных систем.

#### Список литературы:

1. Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха. М.: Стройиздат, 1974. 207 с.
2. Справочник по пыле- и золоулавливанию / Под общ. ред. А.А. Русанова. М.: Энергия, 1975. 296 с.
3. Коузов П.А. Очистка воздуха от пыли в циклонах. Л.: ЛИОТ ВЦСПС, 1938. 88 с.
4. Альбом унифицированного и нестандартного оборудования систем аспирации для предприятий по производству силикатного кирпича. Белгород: БТИСМ, 1989. 78 с.
5. Sage P.W., Wright M.A. The use of gas bleeds to enhance cyclone performance // *Filtr. and Separ.* 1986. V.23. №1. P. 32.
6. Шауберт Г.Г., Сулейменов М.К. и др. Разработка, исследование и опыт внедрения пылеуловителя новой конструкции в химическую промышленность // Разработка, исследование оборудования для получения гранулированных материалов: сб. научных трудов. М., 1985. С. 108-112.
7. Тукало Н.П., Ульянов В.М. Улавливание синтетических смол в циклоне с эжекционной выгрузкой материала // Пром. и сан. очистка газов. 1984. №3. С. 12.
8. Промышленные испытания прямоточных пылеуловителей // Уголь. 1969. №1. С. 55-57.
9. Hajda C. Obiegowy obpylaes suchy // *Ochrona powistka.* 1968. №2. P. 8-11.
10. Циклоны НИИОГАЗ. Руководящие указания по проектированию, изготовлению, монтажу и эксплуатации. Всесоюзное объединение по очистке газов и пылеулавливанию. Ярославль, 1970. 94 с.

## РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ И ТЕПЛОВУЮ

**Оксаниченко С.А.,  
Виноградов А.А., канд. техн. наук, проф.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Рост энергопотребления во второй половине XX – начале XXI века происходит по экспоненте и до последнего времени производство электроэнергии увеличивалось преимущественно за счет увеличения добычи нефти и газа.

Энергетика первой из крупных отраслей мировой экономики столкнулась с проблемой истощения своей базы традиционных сырьевых ресурсов. Планы компенсировать сырьевые ресурсы при помощи атомной энергетики в последнее время также столкнулись с существенными трудностями, возникшими, в частности, в связи с радикальным увеличением затрат на обеспечение безопасности атомных электростанций.



Рис. 1. Балтийская атомная электростанция

Большинство известных возобновляемых видов энергии – энергия воды, тепловая энергия мирового океана, энергия приливов и отливов,

ветровая и геотермальная энергия – характеризуются либо ограничениями по прогнозируемости и времени работы, либо значительными трудностями при создании технологий для широкого использования.

Солнце поставляет Земле энергию мощностью около  $10^{17}$  Вт. Разработав высокоэффективные методы преобразования солнечной энергии, возможно обеспечить быстро растущие потребности в энергии в любых объемах и на любой период времени, значимый для человеческой цивилизации.

Многочисленные возражения скептиков и противников использования солнечной энергии в планетарном масштабе сводятся к двум группам доводов:

- Малая удельная мощность солнечной радиации приводит к необходимости использования очень больших площадей при крупномасштабном преобразовании солнечной энергии.

- Преобразование солнечной энергии – очень дорогая технология, что делает нереальным крупномасштабное внедрение.

Говоря о первой группе возражений, стоит заметить, что величина площади для установок по преобразованию солнечной энергии прямо зависит от эффективности используемых технологий. Оценить эффективность фотоэлектрических преобразователей, которые осуществляют преобразование солнечной энергии в электрическую посредством полупроводниковых фотоэлементов, поможет коэффициент полезного действия (КПД) фотоэлемента, представляющий собой численное выражение отношения мощности электроэнергии, вырабатываемой элементом, к мощности фотоэлемента, падающего на его поверхность.

При типичном значении КПД солнечных преобразователей, освоенных в серийном промышленном производстве, равном 10%, для производства 1012 Вт электроэнергии необходимо было бы покрыть фотопреобразователями площадь, равную квадрату со стороной 200 км. Интенсивность солнечной радиации при этом соответствует среднему годовому значению для южных широт. Очевидно, что "низкая плотность" солнечной радиации не является принципиальным препятствием для развития крупномасштабной солнечной энергетики.

В последнее десятилетие в США и Европе проведены масштабные исследования в области солнечной энергетики, результаты которых говорят о том, что уже в ближайшее время масштабное внедрение этого вида преобразования энергии станет экономически оправданным и войдет в обиход мировой промышленности.

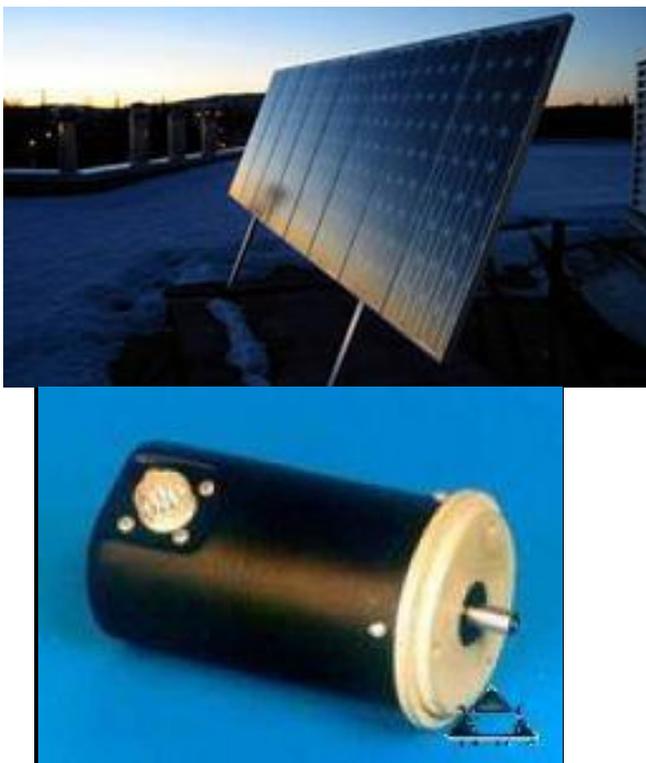


Рис. 2. Фотоэлектрические преобразователи

Основными направлениями работ в области преобразования солнечной энергии в настоящее время являются: создание способов получения тепловой энергии и ее термодинамическое преобразование, т.е. получение электроэнергии с промежуточным этапом в виде преобразования солнечной энергии в тепловую; фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии.

В конце XX – начале XXI века возрос интерес к разработке и созданию солнечных электростанций, основным принципом действия которых является промежуточное преобразование солнечной энергии в тепловую и последующее преобразование тепловой энергии в электрическую.

В настоящее время наибольшую распространенность получили солнечные тепловые электростанции башенного типа, в которых

концентрация солнечной энергии происходит с помощью большого количества плоских зеркал на одном гелиоприемнике, а также системы из параболоидов и параболоцилиндров, с тепловыми приемниками и преобразователями, помещенными в фокус системы.

Относительным минусом солнечного излучения в качестве источника энергии считается суточная и сезонная цикличность его поступления на поверхность Земли и зависимость от погодных условий. Проблема накопления и сохранения энергии сейчас решается преимущественно использованием химических накопителей – аккумуляторов.

Фотоэнергетика как способ преобразования энергии Солнца в электричество даст огромный толчок развитию регионов с высоким среднегодовым поступлением солнечного излучения.



Рис. 3. Солнечный коллектор

В этих районах проблема пустынных и засушливых площадей, а, следовательно, голода до сих пор очень актуальна, как и проблема строительства жилья и сопутствующей инфраструктуры. Фотоэнергетика поможет быстро нарастить как объем производства продуктов питания, так увеличить темпы строительства – жилищного и промышленного. Проще всего с помощью солнечной энергии получать тепло в плоском коллекторе для горячего водоснабжения. Суммарная площадь коллекторов, установленных сегодня в мире, оценивается в 50–60 млн. м<sup>2</sup>, что обеспечивает производство тепловой энергии, эквивалентное 5–7 млн. тонн условного топлива в год. В России солнечные водонагреватели пока ещё не нашли значительного распространения. Это, с одной стороны, связано с относительно низкой стоимостью традиционных топлив, а с другой – с бытующим мнением о нехватке солнечного света в большинстве регионов России. Преобразование солнечной энергии в электроэнергию можно вести как термодинамическими методами (получением пара высокого давления), так и прямым преобразованием с помощью фотоэлектрических панелей (ФЭП). Сегодня в США работают семь электростанций общей мощностью 354 МВт, использующие цилиндрические отражатели света и термодинамический метод преобразования. Известны проекты сооружения подобных установок в ряде стран, так называемого солнечного пояса (Мексика, Египет и др.). Для России подобные проекты сколько-нибудь значительного интереса не представляют. Фотоэлектрические преобразователи, напротив, находят всё большее применение. Они используют не только прямое, но и рассеянное излучение и не требуют дорогостоящих устройств слежения за Солнцем. Суммарная мощность всех установленных в мире фотоэлектрических преобразователей превысила 500 МВт; в ряде стран приняты национальные программы по широкому их внедрению („100 тысяч солнечных крыш“ в Германии и в Японии, „1 млн. солнечных крыш“ в США). При хорошем освещении стоимость выработанной преобразователями электроэнергии не превышает 15–20 центов за киловатт. Установки небольшой мощности, в единицы киловатт, дают сегодня практически единственную возможность приобщить сельское население развивающихся стран к современной цивилизации. Несмотря на положительные тенденции мирового рынка, высокая стоимость электроэнергии фотопреобразователей сдерживает их более широкое применение. Она обусловлена дороговизной и основного материала (как правило, кремния высокой чистоты), и технологического процесса его получения. Поэтому во всём мире

ведутся исследования и разработки, направленные на их удешевление. Одно из перспективных направлений – создание высокоэффективных преобразователей с концентраторами солнечного излучения. Наиболее интенсивно исследования в этой области проводятся в США и России. КПД разработанных в США солнечных элементов на основе монокристаллов кремния достигает 20–25% при концентрации в 10–100 солнц и рабочей температуре 25°C. Для работы при концентрации в 300–1000 солнц более перспективны элементы на основе системы арсенид галлия – арсенид алюминия, впервые разработанной в Физико-техническом институте им. А.Ф. Иоффе: их КПД около 30% при концентрации в 500–1000 солнц и рабочей температуре 60–80°C. Крупномасштабное развитие фотоэнергетики даст огромный толчок развитию районов Земли с высоким среднегодовым поступлением солнечного излучения. Это касается в первую очередь пустынных и засушливых районов, которые с "приходом" солнечной электроэнергии станут районами, пригодными для активного земледелия - житницами Земли. Значит ли это, что усилия специалистов надо сосредоточить только на разработке фотоэлектрических преобразователей и решении непосредственно связанных с ними проблем? Конечно, нет. Нельзя развивать какое-то одно направление за счет подавления других направлений. Это же касается и электроэнергетики: ее нельзя строить, базируясь только на одном виде ресурсов. Она должна основываться на многих источниках: солнечных, ветровых, атомных и, конечно, на традиционных, ископаемых источниках. Это позволит найти оптимальные пути их взаимодействия, постепенно переходя к совершенной, экологически чистой и надежной энергетике будущего.

#### **Список литературы:**

1. Алферов Ж.И. Фотоэлектрическая солнечная энергетика / В сб.: Будущее науки. М.: Знание, 1978.
2. Колтун М.М. Солнечные элементы. М.: Наука, 1987.
3. Андреев С.В. Солнечные электростанции. М.: Наука, 2002.
4. Рубан С.С. Нетрадиционные источники энергии. М.: Энергия, 2003.
5. Харченко Н.В. Индивидуальные солнечные установки. М.: Энергоатомиздат, 1991.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН**

**Прокопишин Д.И., студент,  
Семернин А.Н., канд. техн. наук, доц.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Переход на учебные стандарты третьего поколения предъявляет новые требования к уровню подготовки студентов технических специальностей, их профессиональным навыкам. Основное внимание уделяется качеству знаний информационных технологий.

Компьютерная подготовка в вузе делится на два этапа. На младших курсах закладывается теоретическая основа информационных технологий, на старших курсах – материал излагается на более высоком научно-техническом уровне с ориентированием обучающихся на практическое использование информационных технологий в профессиональной деятельности. Поэтому подготовка бакалавров и магистров направлена на формирование у них высокого уровня профессиональных знаний на основе использования прикладных программных продуктов.

В БГТУ им. В.Г. Шухова на кафедре электротехники и автоматики с 2003 года в учебном процессе широко используется программа VisSim [1] для изучения дисциплин “Управление техническими системами”, “Основы автоматики”, “Теория автоматического управления”. Выпущено методическое пособие, состоящее из 4 виртуальных лабораторных работ в пакете VisSim, по знакомству с программной средой, исследованию типовых звеньев линейных систем, а также моделированию типовых законов регулирования.

Студенты с интересом и пониманием знакомятся с этой программой и используют ее не только при выполнении виртуальных лабораторных работ, но и для выполнения расчетно-графических заданий и курсовой работы, а также в рамках самостоятельной работы по закреплению изучаемого материала. По отзывам студентов, применение программы VisSim позволяет сократить время, затрачиваемое на решение дифференциальных уравнений движения элементов системы, и больше внимания уделить анализу полученного результата, что способствует творческому подходу в изучении курса.

В последнее время широкую известность получили программы Mathematica, MATLAB и др. По работе с этими пакетами программ опубликованы в нашей стране десятки книг. Программы компьютерного моделирования широко используются в учебном процессе и для проведения научных расчетов [2].

Согласно федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования удельный вес занятий в интерактивных формах, определяется главной целью программы. В учебном процессе такие занятия должны составлять не менее 20 процентов аудиторного времени. С учетом этого методическим материалом при организации учебного процесса должны стать демонстрационные ролики различных прикладных программ. Информация в демонстрационных роликах должна быть структурирована в виде меню, что позволяет их применять в учебном процессе для иллюстрации работы программы. Кроме этого, демонстрационные ролики могут быть использованы учащимися при самостоятельной работе, для закрепления пройденного материала. С введением в ВУЗе дистанционной формы обучения, применение систем компьютерной математики становится еще более актуальным и требует дальнейших работ по созданию учебно-методических пособий для профильных дисциплин.

Введение в учебный план подготовки бакалавров по направлению 140400.62 – Электроэнергетика и электротехника, профиль “Электропривод и автоматика” учебной дисциплины “Моделирование в технике” позволяет расширить изучение распространенных и широко применяемых программ компьютерного моделирования, таких как Mathcad, ELCUT и др.

Обзор современной учебно-методической литературы по дисциплинам “Электропривод”, “Системы управления электроприводами” показывает, что многие авторы учебных пособий приводят решения типовых задач в среде Mathcad [3], что делает актуальным изучение этого программного продукта.

В отличие от старых версий, в последних версиях Mathcad:

- существенно переработан и приближен к интерфейсу текстового процессора Word пользовательский интерфейс;
- быстрое построение (QuickPlot) графиков в декартовых и полярных координатах с автоматической установкой пределов изменения независимых переменных;
- новая палитра символьной математики с расширенными операторами;

- удобный и наглядный синтаксис символьных операций;
- возможность обработки ошибок в ходе вычислений;
- применение в программах операторов символьных операций;
- задание единиц измерений в системе СИ;
- моделирование (симулирование) работы сложных систем, построенных из функциональных блоков, с помощью системы MathConnex, имеющей 16 компонентов;
- возможность использования функций других систем (Excel, Axus, MatLAB и др.) и фактическая интеграция с ними.

Рассмотрим применение программы Mathcad на примере решения типовой задачи по дисциплине «Электропривод» по построению механической и электромеханической характеристик двигателя постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ НВ).

Для расчета электромеханических величин ДПТ НВ в среде Mathcadi построения характеристик, а также с целью визуализации полученных значений на экране компьютера необходимо разбить решение поставленной задачи на этапы.

Составляется математический алгоритм расчета механической характеристики ДПТ НВ. Предлагаемый набор формул набирается с помощью основных и математических панелей инструментов в электронном окне Mathcad (рис. 1). После нахождения численных значений (номинального момента двигателя, тока якоря, сопротивления обмотки якоря, скорости вращения в режиме идеального холостого хода) строится механическая и электромеханическая характеристики двигателя как показано на рис. 2.

Алгоритм решения задачи:

1. Вычисляем номинальный момент электродвигателя.
2. Вычисляем номинальный ток якоря двигателя.
3. Вычисляем сопротивление обмотки якоря двигателя.
4. Вычисляем обороты вращения в режиме идеального холостого хода.
5. Рассчитываем коэффициента СФ.

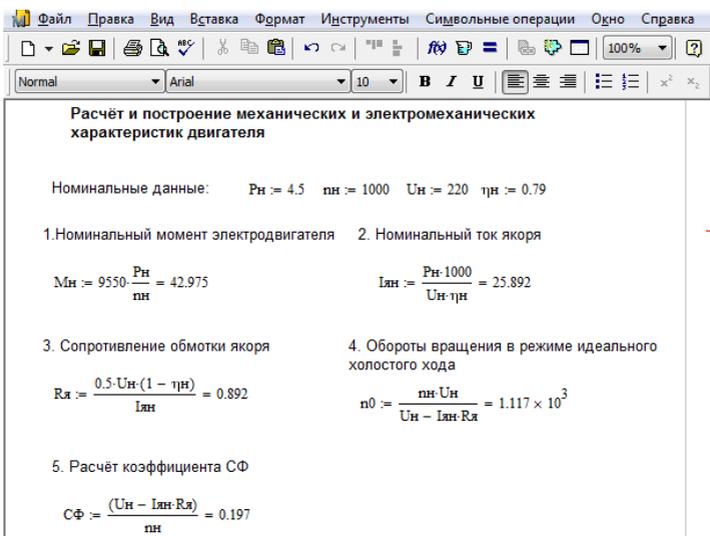


Рис. 1. Окно Mathcad с алгоритмом и результатами расчёта механической характеристики ДПТ ПВ

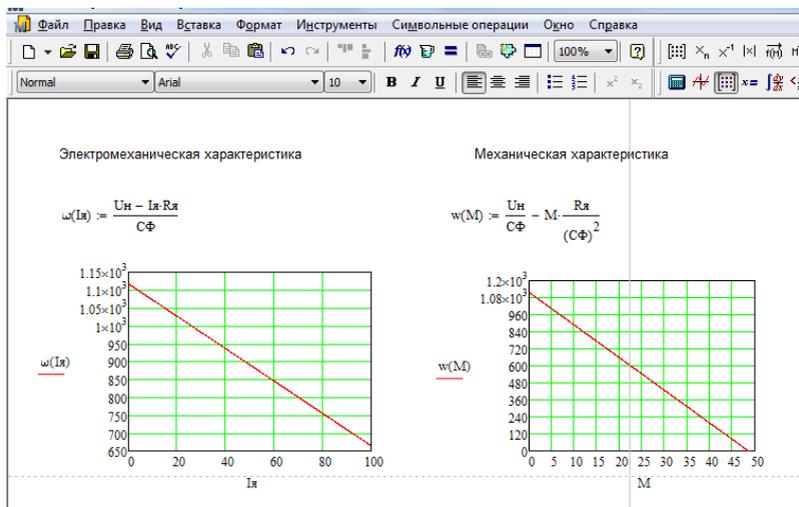


Рис. 2. Механические и электромеханические характеристики ДПТ ПВ

Как видно из рассмотренного примера, программа Mathcad позволяет создавать шаблоны для решения типовых задач, тем самым позволяя автоматизировать математические расчёты и повысить наглядность изучаемой дисциплины

В статье дано обоснование необходимости изучения программ математического моделирования, рассмотрены пакеты программ, используемых при изучении естественно-научных дисциплин, рассмотрен пример решения типовой задачи по дисциплине ”Электропривод” в программе Mathcad.

#### **Список литературы:**

1. Семернин А.Н. Разработка лабораторного практикума по курсу “Управление техническими системами” в пакетах VISSIM и ELEKTRONICSWORKBENCH // Научно – методические и практические аспекты подготовки специалистов в современном техническом вузе: сб. научн. тр. Международной науч.-метод. конф., Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2003. Направление 2. Ч.3. 522 с.
2. Дьяконов В.П. VisSim+Mathcad+MATLAB. Визуальное математическое моделирование. М.: СОЛОН–Пресс, 2004. 384с.: ил. – (Серия “Полное руководство пользователя”)
3. Никитенко Г.В. Электропривод производственных механизмов: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. и доп. СПб.: Изд-во «Лань», 2013. 224 с.

## О БУДУЩЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

**Разумова Ю.К., студент,  
Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доцент**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Большая часть населения Белгородской области живет и работает в зданиях с централизованным теплоснабжением. Это огромная отрасль, которой в ближайшем будущем предстоят большие перемены. Централизованное теплоснабжение является одним из способов отопления города или отдельного микрорайона. Тепло, вырабатываемое на теплоэлектростанции, подается в здания при помощи, поступающей по трубам горячей воды или пара. Централизованное теплоснабжение используется главным образом в регионах со сравнительно холодным климатом и высокой плотностью населения, например, в Северной Европе.

Централизованное теплоснабжение (ЦТ) основывается на "фундаментальной идее" использования местного тепла и источников топлива, которые при обычных условиях не были бы использованы.

Важность и перспективность систем ЦТ заключается в следующем:

- в настоящее время в наших странах системы ЦТ в среднем обеспечивают около 60% потребности в горячей воде и отоплении. На долю этих систем приходится более 30% от общего потребления энергии:

- до 70% населения отапливают свои дома за счет ЦТ. Таким образом, большое количество людей зависит от систем ЦТ в части комфортного проживания и существования;

- продажи услуг ЦТ населению составляют значительную (до 6%) часть от ВВП;

- в среднем на долю ЦТ приходится одна треть от общего объема использования энергетических ресурсов;

- поскольку ЦТ является важной частью национальной экономики, реформы в данном секторе могут значительным образом повлиять на экономическое развитие страны.

Сегодня назрела необходимость модернизации сетей, которая позволит повысить эффективность производства и распределения тепла. В России, которая относится к странам с суровыми климатическими условиями (отопление необходимо семь-девять месяцев в году),

высокий уровень централизации, по мнению многих специалистов, является целесообразным и экономически оправданным. В большинстве крупных городов РФ (более 100 тыс. человек) централизованным теплоснабжением обеспечено 70–95% жилого фонда, эффективность теплоснабжения является не просто важным вопросом, а критерием состоятельности страны как современного конкурентоспособного государства.

В настоящее время в РФ централизованными источниками (мощностью более 20 Гкал/ч) производится около 72% всей тепловой энергии, остальные 28% вырабатывается децентрализованно (в т.ч. 18% – автономными и индивидуальными источниками). В то же время теплоснабжение сегодня находится в критическом состоянии на всех этапах – от потребления до производства тепла. На настоящий момент свыше 50% объектов коммунального теплоснабжения и инженерных сетей требуют замены, не менее 15% находятся в аварийном состоянии. По оценке Минэнерго России, более 80% теплотрасс нуждаются в замене и капитальном ремонте. На сегодняшний день в Белгородской теплосетевой компании зарегистрировано 47852 счетчика горячей воды, установленных в квартирах жителей области. Тепловых счетчиков гораздо меньше – 1549.

Объемы потребления энергии в теплоснабжении в нашем регионе в разы выше, чем у наших соседей. Конечно, влияет климат, но не только.

Проблема состоит в том, что при имеющемся технологическом и организационном уровне нашего теплоснабжения источников и средств на реализацию проектов не хватает и, причем очень существенно. Неплатежи поставщикам первичного топлива в теплоснабжении, связанные, в том числе, и с объективными причинами – выпадающими доходами из-за экономически необоснованных тарифов на тепловую энергию.

В текущем году энергетики региона провели замену 11 км (в двухтрубном исчислении) ветхих тепловых сетей области, применяя при этом инновационные технические решения. Для модернизации и развития системы теплоснабжения г. Белгорода в филиале разработана и утверждена «Программа комплексного развития систем коммунальной инфраструктуры городского округа «Город Белгород» на 2010-2015 годы». Согласно программе, в Белгороде предполагается заменить более 40 км тепловых сетей (в двухтрубном исчислении). Всего в 2010 году инвестиции Белгородской теплосетевой компании в модернизацию энергетики составят 237 млн рублей

В настоящее время необходимо активизировать работу по реконструкции и модернизации этой сложной системы. Повышение эффективности централизованного теплоснабжения позволит в будущем обеспечить Белгородской области устойчивое и экологически рациональное использование энергии.

#### **Список литературы:**

1. Хаванов П.А. Децентрализованное теплоснабжение – альтернатива или шаг назад // Новости теплоснабжения. 2006. №3.
2. Плешивцев Н.В. Настенные газовые котлы в многоквартирных домах: проблемы и перспективы // [http://thermonews.ru/analytics/Review/n\\_kotly.htm?id\\_theme=off](http://thermonews.ru/analytics/Review/n_kotly.htm?id_theme=off).
3. Тихомиров К.В., Сергеенко Э.С. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция: Учеб. для вузов. 4-е изд. М.: Стройиздат, 1991. 480 с.
4. Постановление правительства Белгородской области от 08 июня 2009 № 183-пп, Белгород, Об утверждении Концепции развития биоэнергетики и биотехнологий в Белгородской области на 2009 - 2012 годы.

## **ПРИМЕНЕНИЕ РЕКЛОУЗЕРОВ ДЛЯ АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 6-10 КВ**

**Романов П.М., аспирант,  
Виноградов А.А., канд. техн. наук, проф.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Распределительные сети – одно из уязвимых звеньев на пути электроэнергии к потребителю, на их долю приходится около 70% всех повреждений. Вместе с тем, по ним осуществляется электроснабжение широкого круга потребителей: населенных пунктов, объектов нефтегазовой отрасли, железнодорожного транспорта, промышленных и муниципальных предприятий и т.д. Обеспечение надежного и качественного электроснабжения, в купе с минимизацией собственных затрат – залог эффективной работы как сетевого комплекса, так и производственных предприятий различных отраслей.

Недостаток инвестиций в развитие и реконструкцию сетей среднего напряжения привел к росту радиуса электроснабжения потребителей от опорных подстанций энергосистем. Эти радиусы (расстояния от центра питания до наиболее удаленного потребителя) для некоторых распределительных линий 6-10 кВ достигают 50-60 км и более. В результате увеличились выше допустимых пределов отклонения напряжения в узлах сети, возросло число аварийных отключений потребителей. По данным ОАО «РОСЭП», среднее число повреждений, вызывающих отключения в ВЛ напряжением до 35 кВ, составляет 170-350 на 100 км линии в год, причем устойчивых КЗ из них 8%, а переходящих в однофазные (неустойчивые) – 72%. Значительную часть длительных отключений можно предотвратить путем применения средств многократного автоматического повторного включения (АПВ). Однако существующие на сегодняшний день в распределительных сетях средства релейной защиты не позволяют выполнять подобные функции.

Одним из наиболее эффективных способов повышения надежности электроснабжения в воздушных распределительных сетях является реализация автоматического подхода к управлению аварийными режимами, при котором обеспечивается полная независимость работы пунктов секционирования от внешнего управления. Этот подход также получил название децентрализованного. Каждый отдельный аппарат,

являясь интеллектуальным устройством, анализирует режимы работы электрической сети и автоматически производит ее реконфигурацию в аварийных режимах, т.е. локализацию места повреждения и восстановление электроснабжения потребителей неповрежденных участков сети.

Автоматизация сетей на базе реклоузеров – действенное и хорошо себя зарекомендовавшее, как за рубежом, так и в отечественной электроэнергетике, решение для распределительных сетей.

Опыт внедрения реклоузеров за рубежом имеет более чем полувековую историю. Одной из первых начала их производство компания Kyle (США) в 1941 году. Сейчас Kyle входит в группу компаний Cooper Power Systems – CPS (США), мирового лидера по производству вакуумных выключателей и реклоузеров. Кроме CPS, реклоузеры выпускают компании: Soule Materiel Electrique (Франция), Togami Electric (Япония), Whipp & Bourne (Англия), АВВ (Швеция\Швейцария), NEI Reyroll Ltd. (Англия) и другие. В СНГ производством реклоузеров занимается промышленная группа «Таврида Электрик». Следует отметить, что при сохранении в реклоузере всех основных функций зарубежных аналогов и добавлении новых инженеры «Тавриды» добились гораздо меньшей стоимости и габаритных размеров, нежели зарубежные компании. Энергокомпания Детройт-Эдиссон (США) отмечает, что внедрение в распределительные сети реклоузеров позволяет ей экономить около 1 миллиона долларов ежегодно лишь за счет снижения затрат на эксплуатационное обслуживание и регулярную замену существующего парка традиционных выключателей, поскольку реклоузеры на протяжении всего срока службы (25 лет) не требуют какого-либо обслуживания. Опыт компании ESKOM (Южная Африка) показал, что внедрение реклоузеров с микропроцессорным блоком релейной защиты и возможностью интеграции в систему SCADA значительно повышает надежность сети и практически полностью исключает возможность отключения потребителей из-за неустойчивых КЗ.

Автоматический пункт секционирования воздушных линий (реклоузер вакуумный) на напряжение 10(6) кВ предназначен для автоматической коммутации и защиты воздушных или комбинированных линий электропередачи трехфазного переменного тока частотой 50(60) Гц номинальным напряжением 10(6) кВ с любым режимом работы нейтралей.

Реклоузер может использоваться в радиальных линиях с одним и несколькими источниками питания. Реклоузер может применяться в

качестве ячейки отходящего фидера (открытые распределительные устройства, распределительные пункты), пункта секционирования сети, пункта АВР или защитного аппарата на ответвлении.

Реклоузеры изготавливаются с односторонним питанием, с двухсторонним питанием и с учетом электрической энергии (см. рис. 1).

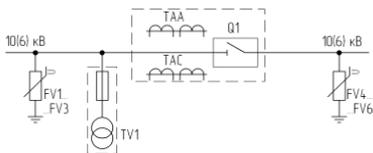


Рисунок 1а - Схема главных цепей реклоузера с односторонним питанием

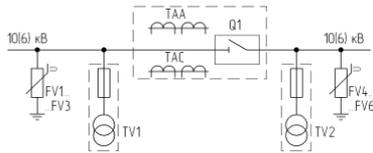


Рисунок 1б - Схема главных цепей реклоузера с двухсторонним питанием

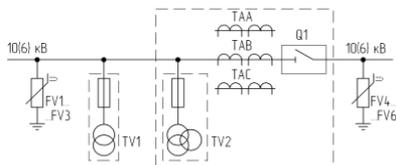


Рисунок 1в - Схема главных цепей реклоузера с учетом электрической энергии

**Рис.1. Реклоузер способен решать следующие задачи:**

- оперативные переключения в распределительной сети (местная и дистанционная реконфигурация сети);
- автоматическое отключение поврежденного участка;
- автоматическое повторное включение линии;
- автоматическое выделение поврежденного участка;
- автоматическое восстановление питания на неповрежденных участках сети;
- автоматический сбор информации о параметрах режимов работы сети;
- интеграция в системы телемеханики (SCADA).

**Применение: Установка на опоры.** Установку реклоузера на опоры воздушных линий электропередачи рекомендуется производить с использованием стандартного монтажного комплекта Таврида Электрик, в соответствии с "Инструкцией по монтажу вакуумного реклоузера на опоры воздушных линий электропередачи", поставляемой вместе с комплектом.

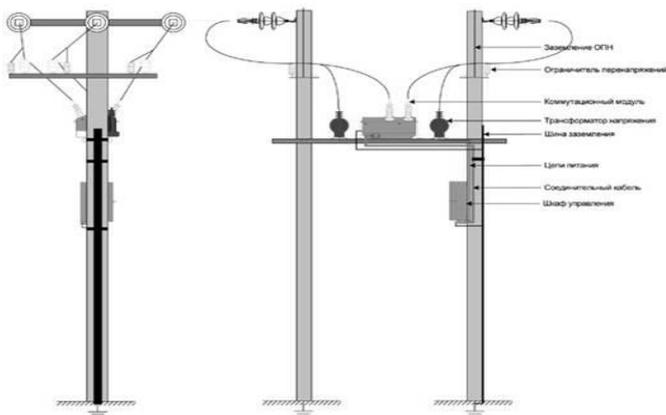


Рис. 2.

**Экономический эффект применения.** Основная составляющая экономического эффекта от внедрения реклоузеров – снижение ущерба от недоотпуска электроэнергии потребителям.

Преимуществом децентрализованного подхода является значительное сокращение времени поиска и локализации поврежденного участка сети и восстановления питания неповрежденных потребителей, которое сокращается до секунд. Как следствие, снижается риск ущерба для потребителей, сокращаются затраты на поиск и локализацию повреждения. Полностью устраняется человеческий фактор. Не требуется каких либо каналов связи, что существенно сокращает затраты на автоматизацию линий. Кроме того, снижаются затраты на профилактическое обслуживание реклоузеров, расследование аварий, связанных с неправильными действиями РЗА, ремонт поврежденного оборудования, сбор и обработку информации о режимах и событиях и установку дополнительных средств защиты. К тому же применение реклоузеров повышает безопасность обслуживающего персонала.

Внедрение реклоузеров в распределительные сети 6-10 кВ является перспективным, технологически оправданным мероприятием.

Проектирование и реализация электрических сетей с применением реклоузеров позволит в недалеком будущем вывести распределительные сети среднего напряжения на новый уровень автоматизации и управления.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ СИНХРОННЫХ КОМПЕНСАТОРОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ**

**Рошубкин П.В., ассистент,**

**Щербинина О.А. магистр,**

**Щербинин И.А., канд. техн. наук, доц.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

В настоящее время в энергетических системах многих развитых стран мира успешно эксплуатируются поперечные компенсирующие устройства, позволяющие обеспечивать плавное регулирование потоков реактивной мощности с возможностью перехода из режима максимальной генерации в режим максимального потребления реактивной мощности и наоборот [1]. Такими устройствами являются статические синхронные компенсаторы (СТАТКОМ), статические тиристорные компенсаторы (СТК), а также комплексы батарей статических конденсаторов (БСК) совместно с управляемыми шунтирующими реакторами (УШР).

Основными задачами, решаемыми в энергосистемах на основе применения поперечных компенсирующих устройств, являются [2]:

- плавное автоматическое поддержание заданных уровней напряжения;
- снижение потерь активной мощности в электросетевом оборудовании;
- демпфирование колебаний мощности;
- повышение динамической устойчивости;
- оптимизация потокораспределения реактивной мощности.

СТК – поперечно подключаемый источник или потребитель реактивной мощности, который служит для изменения емкостного или индуктивного тока таким образом, чтобы сохранять или управлять характерными параметрами энергосистемы (обычно таким параметром является напряжение на шинах). В среднем время перехода из режима максимального потребления в режим максимальной генерации реактивной мощности для СТК составляет 20 миллисекунд.

В настоящее время существует два типа статических тиристорных компенсаторов:

- постоянно подключенный конденсатор с тиристорно-управляемым реактором (изменение режима работы СТК осуществляется посредством плавного изменения индуктивности

реактора);

- тиристорно-подключаемый конденсатор с тиристорно-управляемым реактором (изменение режима работы СТК осуществляется посредством плавного изменения индуктивности реактора, а также подключения либо отключения конденсатора).

Комплекс БСК+УШР является аналогом СТК, при этом плавность изменения режима работы достигается регулированием индуктивности управляемого шунтирующего реактора (БСК способны обеспечить лишь ступенчатое регулирование генерируемой реактивной мощности). Время перехода из режима максимального потребления реактивной мощности в режим холостого хода для УШР может достигать значения 0,4 секунды.

На рисунке 1 изображен СТАТКОМ, который представляет собой поперечно подключаемый в систему статический синхронный генератор, работающий в режиме статического компенсатора, управление реактивной мощностью которого осуществляется независимо от напряжения сети переменного тока [3, 4].

Он обеспечивает поддержание заданных уровней напряжения посредством генерации или потребления реактивной мощности в точке его присоединения, при этом не требуется установки ни реакторов, ни батарей конденсаторов [5].

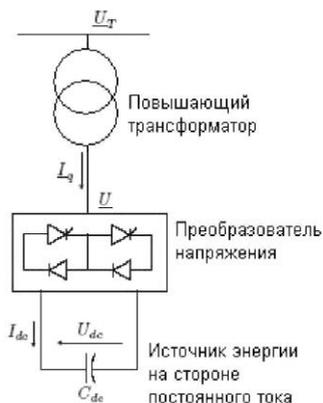


Рис. 1. Статический синхронный компенсатор (СТАТКОМ)

Заряженный конденсатор  $C_{dc}$  обеспечивает постоянным напряжением преобразователь, который в свою очередь создает

контролируемое трехфазное напряжение с частотой энергосистемы переменного тока [6]. Обмен реактивной мощности между преобразователем напряжения и системой переменного тока можно регулировать с помощью изменения амплитуды напряжения  $\underline{U}$  на выходе преобразователя [7]. Если амплитуда напряжения  $\underline{U}$  на выходе преобразователя больше, чем амплитуда напряжения  $\underline{U}_T$  системы переменного тока, то создается опережающий по фазе ток, и СТАТКОМ действует, как генератор реактивной мощности. Если амплитуда напряжения  $\underline{U}$  на выходе преобразователя меньше, чем амплитуда напряжения  $\underline{U}_T$  системы переменного тока, то создается отстающий по фазе ток, и СТАТКОМ действует, как потребитель реактивной мощности. Если амплитуды  $\underline{U}$  и  $\{U_T$  равны, то СТАТКОМ не потребляет и не генерирует никакой реактивной мощности [8].

Основные преимущества СТАТКОМ по сравнению с СТК и БСК+УШР:

- лучшее быстродействие, которое не превышает 10 миллисекунд, а, следовательно, лучшее обеспечение динамической устойчивости генераторов станций, а также устойчивости потребителей в аварийных и послеаварийных режимах;

- возможность перспективного объединения с источником активной мощности на стороне постоянного тока в целях оптимизации распределения потоков не только реактивной, но и активной мощности;

- независимость максимального выходного (емкостного или индуктивного) тока СТАТКОМа от напряжения сети переменного тока, как отображено на вольтамперной характеристике. Работа СТАТКОМа возможна даже при напряжении внешней сети на уровне 15% от номинального;

- возможность компенсации высших гармоник в узле электрической сети. Задача компенсации высших гармоник в сети с помощью СТАТКОМ сводится к созданию в фазах сетевого трансформатора такого тока, который бы содержал компенсационные составляющие высших гармоник.

«Т-образная» схема замещения электрической сети. Тестовая схема включала:

- синхронный генератор номинальным напряжением 10 кВ, мощностью 50 МВт, подключенный к внешней сети через повышающий трансформатор 220/10 кВ мощностью 63 МВА;

- трехфазный источник бесконечной мощности с напряжением 220 кВ;

- потребителя с нагрузкой 100+40 МВА напряжением 10 кВ,

подключенный к внешней сети через повышающий трансформатор 220/10 кВ мощностью 125 МВ А;

- две ЛЭП 220 кВ, связывающие потребителя с источниками питания;

- СТАТКОМ мощностью 120 МВАр.

Экономический эффект от установки СТАТКОМ определяется не только снижением ущерба в аварийных режимах, но и возможностями снижения потерь электрической энергии в нормальных режимах. Установка СТАТКОМа может быть экономически целесообразной для следующих субъектов электроэнергетики:

1. Потребители электрической энергии. В случае установки СТАТКОМа в целях обеспечения устойчивости нагрузки экономический эффект определяется в первую очередь типом производства, для которого необходимо поддержание заданных уровней напряжения на шинах питающей подстанции простоя нефтеперекачивающих двигателей.

2. Производители электрической энергии. Если речь идет о существующей электрической станции, то основным критерием эффективности установки СТАТКОМа является обеспечение устойчивой работы генерирующего оборудования в нормальных и в аварийных режимах в целях исключения вероятности потери прибыли от продаж электрической энергии. Безусловно, для генерирующих компаний при цене на электроэнергию 800 руб./МВт·ч окупаемость того же СТАТКОМа будет не такой быстрой, как в случае с потребителями нефтяной отрасли. В результате часового простоя генерирующего оборудования мощностью 50 МВт доход снизится на величину 40000 руб., суточного – 1 млн. руб.

При вводе нового генерирующего оборудования основное внимание уделяется схеме выдачи мощности. Установка таких устройств как СТАТКОМ может быть экономически выгодней строительства дополнительных линий электропередачи [9].

1. Сетевые организации. Кроме всего вышеперечисленного, потенциальная эффективность установки СТАТКОМа обусловлена возможностью поддержания заданных уровней напряжения и оптимизации потокораспределения реактивной мощности в нормальных режимах работы электрической сети (при суточном изменении электрических нагрузок и уровней напряжения). Это, в конечном итоге, позволяет минимизировать потери электрической энергии, которые сетевые организации обязаны покупать на рынках электрической энергии и мощности.

### Список литературы:

1. Утц Н.Н. Состояние и перспективы развития Единой национальной электрической се-ти ЕЭС России на период до 2012 г. // Электро. 2004. №6. С. 2–7.
2. R. Mohan Mathur, Rajiv K. Varma. Thyristor-based FACTS controllers for electrical transmission systems // 605 Third Avenue, New York: the Permissions Department, John Wiley & Sons, Inc. (Institute of Electrical and Electronics Engineers), 2002. 493 P.
3. Amir H. Norouzi, A. M. Sharaf. Two control schemes to enhance the dynamic performance of the STATCOM and SSSC // IEEE Transaction on power delivery. 2005. Vol.20. №1. P. 435–442.
4. Зуев Э.Н. Взгляд на проблемы передачи электроэнергии // Электро. 2005. Журнал №2. С. 2-8.
5. Chaiyut Sumpavakup, and Thanatchai Kulworawanichpong. Distribution voltage regulation under three-phase fault by using D-STATCOM // World Academy of Science, Engineering and Technology. 2008. №47. P. 238–242.
6. Кочкин В. Новые технологии повышения пропускной способности ЛЭП // Новости Электротехники. 2007. №4. С. 2–6.
7. Добрусин Л.А. Совершенствование техники управления маршрутами потоков активной мощности в сетях 110-765 кВ // Электро. 2007. Журнал №3. С. 10–14.
8. Kazemi A., Entezary A. R., Voltage stability assessment by dynamic PV curve and time domain simulations with developed STATCOM model // Technical Acoustics. 2005. Electronic Journal № 38. 12 P.
9. Паздерин А.В., Солодянкин С.А. Повышение надежности функционирования энерго-систем за счет технологий гибких систем передачи переменного тока // Электрические станции. 2009. №5. С. 38–41.

## АНАЛИЗ СКОРОСТНЫХ ПОТОКОВ ШИХТЫ ПРИ ПИТАНИИ ВАЛЬЦЕВЫХ ПРЕССОВ

Севостьянов М.В., канд. техн. наук, доц.,  
Шинкарев Л.И., инженер  
Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова

Процесс движения скоростных потоков шихты из бункерных устройств в межвалковое пространство вальцевых прессов зависит от различных факторов. На распределение шихты, как по ширине вала, так и по дуге захвата, прежде всего, влияет геометрический профиль формирующих элементов, их размеры, физико-механические свойства техногенных материалов, а также конфигурация самих питающих устройств и др. [1, 2].

Рассмотрим движение шихты в зоне ее загрузки в вальцевый пресс (рис.1). В данной области материал уплотняется и деформируется в межвалковом пространстве – сектор А [3]. Формирующие элементы валцов состоят из чередующихся выступов (зубьев) и впадин (желобов) и имеют симметричную конфигурацию.

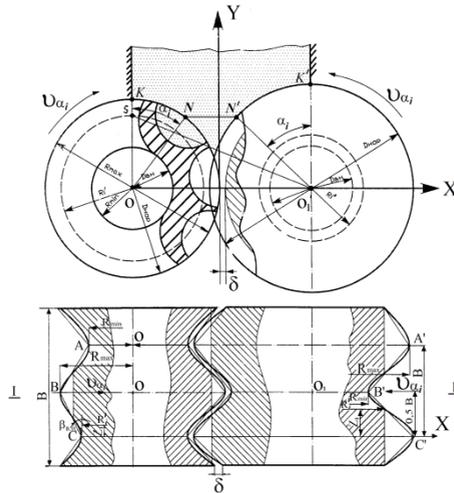


Рис. 1. Схема к расчету скоростных потоков шихты в вальцевом прессе из питающих устройств

Для расчета скоростных потоков волнообразный профиль формирующих элементов изобразим в форме треугольного профиля с выступающей поверхностью  $ABC$  и вогнутой поверхностью  $A'B'C'$  (рис.1).

Движение шихты в вертикальной плоскости рассматриваем на расстоянии от верхнего края питающего устройства до начала ее захвата и уплотнения формирующими элементами.

Формуемую шихту представим как несжимаемую среду (жидкость) с постоянными значениями плотности и вязкости, движение которой опишем системой уравнений Навье-Стокса [4].

$$\frac{\partial V}{\partial t} = \sum_{\alpha=1} V_{\alpha i} \frac{\partial V_{\alpha i}}{\partial x_i} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + \partial \Delta V_i, \quad (1)$$

где  $\partial = \frac{\eta}{\rho}$  - кинематический коэффициент вязкости;

$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_3^2} + \dots$  - оператор Лапласа;

$\bar{P}$  - давление в слое шихты, Н/м<sup>2</sup>.

К системе уравнений Навье-Стокса добавим уравнение неразрывности

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho d_{iv} \vec{V} = f \quad (2)$$

Так как  $\rho = const$ , а интенсивность источника  $f = 0$ , уравнение (2) примет вид:

$$\Delta V = 0 \quad (3)$$

Условия движения несжимаемой жидкости описываются системой уравнений (1) и (3).

Решаем уравнения (1) и (3) в цилиндрических координатах и учитываем следующие условия:

Условие несжимаемости:

$$\frac{\partial V_R}{\partial R} + \frac{1}{R} \frac{\partial V_{\alpha i}}{\partial \alpha_i} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{V_R}{R} = 0,$$

Скорость вращения  $V_{\alpha i} = const$ , проскальзывание шихты относительно поверхности валков не происходит, движение шихты вдоль оси  $V_y = const$  и в зоне  $KN(K'N')$ , (рис.1) – установившееся. При

этих условиях  $\frac{\partial V_y}{\partial \alpha_i} = 0$ , действие малых сил не учитываем, т.е.  $F_R = 0$ . Движение вдоль радиуса  $R$  и по ширине  $B$  валцов отсутствует.

При вышеуказанных условиях система уравнений будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 V_{ai}}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial V_{ai}}{\partial R} - \frac{V_{ai}}{R^2} = 0 \\ \frac{\partial \bar{P}}{\partial R} = \frac{\rho}{R} V_{ai}^2 \end{cases} \quad (4)$$

Решая полученную систему уравнений, находим выражение  $V_{ai}$ :

$$V_{ai} = 2\omega \left[ (R_{\min} + Ztg\beta)^2 \frac{l_R^2 + (R_{\max} - Ztg\beta) \cdot l_R}{l_R^2 - (R_{\min} + Ztg\beta)^2} R - \frac{(R_{\min} + Ztg\beta)^2 + (R_{\max} - Ztg\beta)l_R}{l_R^2 - (R_{\min} + Ztg\beta)^2} \cdot R \right] \quad (5)$$

Анализируя полученное выражение (5) и условия его решения, можно сделать вывод, что скорость движения потока шихты при вышеуказанных условиях зависит от геометрических параметров валцов: радиуса валцов ( $R_{\min}$ ,  $R_{\max}$ ), координаты сечения  $Z$  ( $R$ ,  $R'$ ,  $R''$ ), угла подъема выступающих поверхностей (зубцов)  $\beta_{B.п.}$ , формирующих элементов и зазора между валками ( $\delta$ ), входящего в величину  $l_R$ .

Важное практическое значение имеет зависимость  $V_{ai} = f(R)$  при постоянных  $\omega, \beta, R_{\min} \dots R_{\max}, \delta$ , т.к. она определяет условия подачи прессуемого материала в зону формирования вальцового пресса.

Значения  $V_{ai}$  определяем на различном расстоянии от поверхности валков в диапазоне  $R = R_{\max} \dots 2R_{\max}$  (ось Y) и различных сечениях валков от  $Z=0$  до  $Z=0,5B$  (рис. 1).

Графические зависимости, полученные из выражения (5) показывают, что для валков различных диаметров  $D_{нар}=0,4$  м и  $D_{нар}=0,8$  м наблюдается аналогичный убывающий характер изменения значений  $V_{ai}$  с увеличением расстояния до поверхности валков. В обоих случаях максимальное значение  $V_{ai}=0,126$  м/с и  $V_{ai}=0,504$  м/с достигаются на поверхности валцов,  $R = R_{\max}$ . Минимальные значения  $V_{ai}$  характерны для сечений с  $R = R_{\min}$ .

При достаточном удалении шихты от поверхности валков (для  $D_{нар}=0,4$  м и  $D_{нар}=0,8$  м) за счет усиления проскальзывания частиц  $V_{ai}=0$ . При этом  $V_{ai}$  приобретают отрицательные значения, что свидетельствует о действии «захватывающих» сил трения со стороны второго валка (нижние квадраты графиков).

Таким образом, установленные теоретические закономерности обосновывают целесообразность поиска технических решений, которые

обеспечат равномерность движения потоков шихты при ее загрузке. Особенно это характерно для рыхлых малосыпучих техногенных материалов с малой насыпной плотностью, склонных к зависанию и образованию пустот в слое.

Решение вышеуказанных вопросов обеспечит стабильные значения как технологических (плотность брикетов, производительность вальцевого пресса и др.), так и энерго-силовых (давление прессования, потребляемая мощность, удельный расход энергии и др.) параметров.

#### **Список литературы:**

1. Расчет удобрений оборудования для гранулирования минеральных / М.Б. Генералов, П.В. Классен, А.Р. Степанова и др. – М.: Машиностроение. 1984. 192 с.
2. Севостьянов В.С., Дубинин Н.Н., Севостьянов И.В. Пресс-валковые агрегаты в промышленности строительных материалов: Учебное пособие. Белгород: Изд. БелГТАСМ, 2000. 216 с.
3. Севостьянов И.В. Теоретические и экспериментальные исследования пресс-валкового агрегата с предварительным уплотнением шихты: дис. канд. техн. наук. Белгород, 2000. 212 с.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика сплошных сред. М.: Гостехиздат, 1953. 788 с.

# РАСЧЕТ ЭНЕРГО-СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРЕСС-ВАЛКОВОГО АГРЕГАТА С УСТРОЙСТВАМИ ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО УПЛОТНЕНИЯ ШИХТЫ

**Севостьянов М.В.,** канд. техн. наук, доц.,  
**Шинкарев Л.И.,** инженер,  
**Бабуков В.А.,** магистрант

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

Для утилизации техногенных материалов с низкой насыпной массой нами разработан пресс-валковый агрегат (ПВА), оснащенный устройствами для предварительного уплотнения шихты (рис. 1) [1, 2].

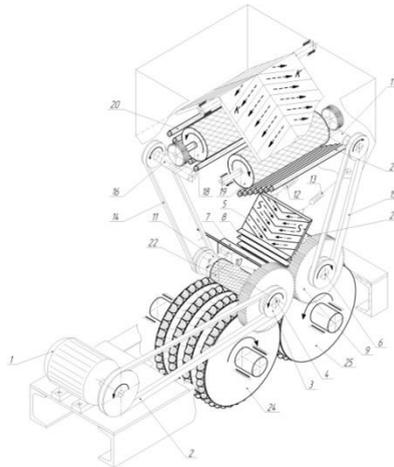


Рис. 1. Пресс-валковый агрегат с устройствами для предварительного уплотнения шихты:

1-электродвигатель; 2,14,15-клиноременная передача; 3-шкив;  
4,6-приводные валы; 5,7,8-щековый уплотнитель; 9,10-зубчатые колеса;  
11-корпус эксцентрика; 12,13-подвесы щек; 16,17-червячная передача;  
18,19-валки предварительного уплотнения; 20,21-бесконечная движущаяся лента; 22,23-нагнетательные валики; 24,25-желобково-зубчатые формирующие элементы.

Мощность ПВА складывается из энерго-силовых параметров самой машины и мощности устройств для предварительного уплотнения

материалов – валкового (ВУ) и вибро-щекового (ВЩУ) предуплотнителей.

Нами были получены аналитические выражения расходуемой мощности привода данных устройств.

$$N_{ПВА} = \frac{2N_{ВПУ}}{\eta_{ВПУ}} + \frac{N_{ВЩУ}}{\eta_{ВЩУ}} + \frac{N_{бр.м.}}{\eta_{ПВА}}, \quad (1)$$

где  $N_{ВПУ}$  – мощность привода, затрачиваемая на предварительное уплотнение материала в валковом предуплотнителе, Вт;

$N_{ВЩУ}$  – мощность привода, затрачиваемая на предварительное уплотнение материала в вибро-щековом предуплотнителе, Вт;

$N_{бр.м.}$  – мощность привода, затрачиваемая на брикетирование уплотненного материала в вальцовом прессе, Вт;

$\eta_{ВПУ}, \eta_{ВЩУ}, \eta_{ПВА}$  – соответственно, К.П.Д. привода валкового, вибро-щекового предуплотнителей и вальцевого пресса.

Мощность, затрачиваемая на процесс предуплотнения шихты

$$N_{пред.упл.} = \frac{2N_{ВПУ}}{\eta_{ВПУ}} + \frac{N_{ВЩУ}}{\eta_{ВЩУ}}, \quad (2)$$

Мощность, которая расходуется на предварительное уплотнение шихты в валковом предуплотнителе определяется из выражения:

$$N_{ВПУ} = M_{\Sigma ВПУ} \cdot \omega = (M_{кр.1} + M_{кр.2} + M_{кр.3} + M_{кр.4} + M_{кр.5}) \cdot \omega, \quad (3)$$

где  $M_{\Sigma ВПУ}$  – суммарный крутящий момент, необходимый для преодоления сопротивлений при вращении уплотняющего валка и движении бесконечной ленты, Нм;

$M_{кр.1}, M_{кр.2}, M_{кр.3}, M_{кр.4}, M_{кр.5}$  – соответственно, крутящий момент, необходимый для преодоления сопротивлений, возникающих при уплотнении шихты; трения в подшипниках уплотняющего валка; транспортирования уплотненной ленты на участке бесконечной ленты; трения в подшипниках транспортирующих роликов; силы трения, возникающей при пробуксовке бесконечной ветви, Нм;

$\omega$  – угловая скорость вращения валков уплотнителя, рад/с.

Значение К.П.Д. валкового предуплотнителя определяется из выражения:

$$\eta_{ВПУ} = \eta_{кл.р.л.}^2 \cdot \eta_{з.л.} \cdot \eta_{ч.ред.} \cdot \eta_{н.о.}, \quad (4)$$

где  $\eta_{кл.р.п.}$ ,  $\eta_{з.п.}$ ,  $\eta_{ч.ред.}$ ,  $\eta_{п.о.}$  – К.П.Д. клиноремной и зубчатой передач, червячного редуктора, подшипниковых опор, соответственно.

Мощность, расходуемая при уплотнении материала в вибро-щечковом уплотнителе определяется из следующего выражения:

$$N_{ВЩУ} = A_{упл.} \cdot n_{эксц.} = 2P_{щ} h_{ход} \cdot n_{эксц.}, \quad (5)$$

где  $A_{упл.}$  – работа уплотнения материала в ВЩУ, Нм;

$P_{щ}$  – усилие уплотнения шихты, Н;

$h_{ход}$  – ход подвижных щек,  $h_{ход} = 2e$ .

$n_{эксц.}$  – частота вращения эксцентриковых валов,  $c^{-1}$ ;

После выполненных преобразований и вычислений конечную мощность вибро-щечкового уплотнителя можно представить в следующем виде:

$$N_{ВЩУ} = 2\bar{P}_{упл.щ.} \cdot B_{щ} \cdot H_{щ} \cdot h_{ход} \cdot n_{эксц.} = \frac{40\pi \bar{P}_{упл.щ.} \cdot B_{щ}^2 \cdot h_{пл.щ} \cdot l \cdot \rho_{пл.щ} \cdot e^2 \cdot \cos \beta \cdot f_{щ} \cdot n_{эксц.}}{m \cdot k_{исп.}}, \quad (6)$$

где  $\bar{P}_{упл.щ.}$  – давление уплотнения шихты, МПа;

$B_{щ}, H_{щ}$  – соответственно, ширина и высота рабочей зоны щечкового уплотнителя, м;

$h_{пл.щ}$  – высота пластины, уплотняемой в ВЩУ, м;

$l$  – длина протяженной зоны уплотнения, м;

$\rho_{пл.щ}$  – плотность уплотненной пластины,  $кг/м^3$ ;

$e$  – эксцентриситет шейки приводного вала, ВЩУ, м;

$f_{щ}$  – коэффициент трения материала о рабочую поверхность щек;

$m$  – масса пластины, уплотненной в ВЩУ, кг;

$k_{исп.}$  – коэффициент использования рабочей поверхности валцов.

К.П.Д. привода ВЩУ определяется из выражения:

$$\eta_{ВЩУ} = \eta_{кл.р.} \cdot \eta_{з.п.} \cdot \eta_{п.эксц.}^4 \cdot \eta_{п.с.}^4 \cdot \eta_{п.корп.}^4, \quad (7)$$

где  $\eta_{кл.р.}$  – К.П.Д. клиноремной передачи;

$\eta_{з.л.}$  – К.П.Д. зубчатой передачи;

$\eta_{эксц.}$  – К.П.Д. подшипниковых опор эксцентриковых валов;

$\eta_{п.с.}$  – К.П.Д. подшипниковых опор сereg, кинематически связанных с щековым предуплотнителем;

$\eta_{п.корп.}$  – К.П.Д. подшипников корпусов эксцентриков.

Таким образом, нами получены аналитические выражения для расчета мощности ПВА с устройствами для предварительного уплотнения шихты.

#### **Список литературы:**

1. Технические основы переработки и утилизации техногенных материалов / В.С. Севостьянов, Л.И. Шинкарев, М.В. Севостьянов, А.А. Макридин, Н.В. Солопов. Белгород: БГТУ, 2011. 263 с.
2. Патент РФ № 2473421. С.Н. Глаголев, В.С. Севостьянов, С.В. Свергузова, Л.И. Шинкарев, М.Н. Спирин, Д.Д. Фетисов, М.В. Севостьянов, Ж.А. Свергузова. Способ формирования техногенных материалов и пресс-валковый агрегат для его осуществления // Бюл. №3.

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ТОКОНЕСУЩЕГО ПРОВОДА НАТЯНУТОГО В СТРУНУ

Семернин А.Н., канд. техн. наук, доц.,

Эсауленко И.В., студент

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

При прохождении по проводу электрического тока происходит преобразование электрической энергии в тепловую, что имеет большое практическое значение для создания ламп накаливания, нагревательных приборов и электрических печей. Однако выделение тепла в проводах и обмотках электрических машин, трансформаторов и других электротехнических устройств может привести к недопустимо высокому повышению температуры и к выходу из строя изоляции проводов и даже самих устройств.

В работах [1] и [2] приводятся результаты экспериментальных исследований по нагружению медного проводника токами, существенно превышающими допустимые значения. Дана вероятностная оценка места теплового обрыва проводника натянутого между опорами.

Дальнейшие исследования привели к созданию лабораторной установки по изучению электрофизических свойств проводниковых материалов при протекании через них переменного тока частотой 50Гц, превышающего предельно допустимые значения.

Установка (рис. 1) состоит из двух вертикально расположенных металлических стоек 1, установленных на подставке 2. В стойках 1 горизонтально закреплены натяжные болты 3 с гайками для крепления металлической проволоки 4 (исследуемого образца). С помощью динамометра 5 определяется натяжение проволоки. Исследуемый образец с помощью проводов 6 подключается к блоку 7, в котором расположена активная нагрузка, представляющая собой нихромовую проволоку намотанную на керамический каркас. Для охлаждения нагрузки в корпусе блока 7 предусмотрены вентиляционные отверстия. В этом блоке также находятся диодный мост, автоматический выключатель и тумблер переключения рода тока «переменный – постоянный». К блоку 7 подключен ЛАТР 8, позволяющий осуществлять плавную регулировку переменного напряжения в исследуемой электрической цепи до 250 вольт. Измерение электрических параметров цепи осуществляется вольтметром 9 и амперметром 10.

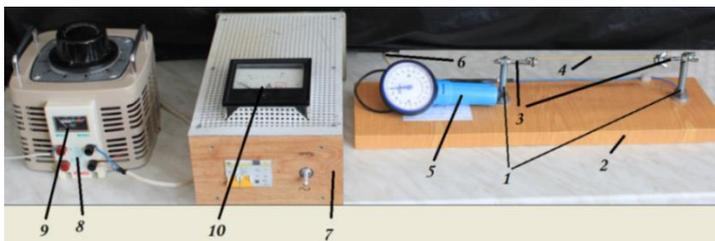


Рис. 1. Общий вид лабораторной установки

Через проводник на нагрузку  $R_n$  подается переменное напряжение по схеме (рис. 2).

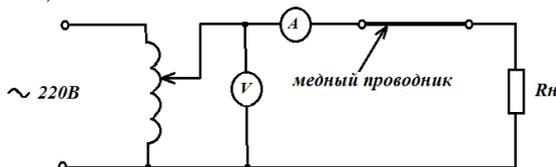


Рис. 2. Электрическая схема

**Описание эксперимента.** Между опорами, расположенными на расстоянии 1400 мм, жестко крепится медная проволока диаметром 0,2мм. На одну из опор крепится постоянный магнит. Величина магнитной индукции вблизи медной проволоки должна быть  $\approx 120$  мТл или больше. Натяжение проводника 5–7Н. Температура воздуха в помещении  $22^\circ\text{C}$ .

При протекании через проволоку переменного тока величиной 3,7А и напряжении 25В визуально наблюдаются поперечные колебания проводника. Размах колебаний – 6 мм. Число полупериодов – 10. Длина волны – 280мм. Угол вибрации провода  $\approx 4^\circ$  (Рис.3).

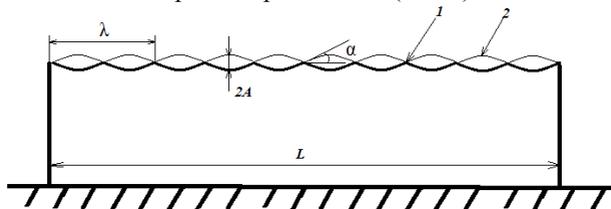


Рис. 3. Стоячая волна медного проводника натянутого в струну:  
1 – узел; 2 – пучность;  $L$  – длина между опорами;  $2A$  – размах колебаний;  
 $\lambda$  – длина волны;  $\alpha$  – угол вибрации.

При обдуве проводника вентилятором происходит изменение параметров стоячей волны. Размах колебаний – 4мм. Число полупериодов – 6. Длина волны – 466,6мм. Угол вибрации провода  $\approx 1,5^{\circ}$ . Увеличение скорости потока воздуха приводит к тому, что стоячая волна затухает.

Дальнейшее увеличение тока и напряжения приводит к уменьшению длины волны и амплитуды колебаний, увеличению провисания (растяжению) проволоки. Так при величине напряжения 30В и токе 4,5А наблюдается размах колебаний  $\approx 2$ мм, количество полупериодов – 15.

Колебания проволоки объясняются тем, что под действием тока происходит нагрев проводника, и он удлиняется. На проводник действует сила Ампера, под действием которой проводник выталкивается из магнитного поля. При движении увеличивается скорость отдачи тепла проводником окружающему его воздуху, он охлаждается, укорачивается и стремится возвратиться в первоначальное положение, однако этому препятствует ток, под действием которого происходит преобразование электрической энергии в тепловую. Температура проводника будет повышаться до тех пор, пока количество тепла, получаемое проводником, не станет равным количеству тепла, отдаваемому проводником окружающей среде. При этом в системе устанавливается динамическое равновесие.

Было замечено, что колебания проволоки происходят только в области упругой деформации проводника. При переходе проводника в область пластической деформации он удлиняется и колебания затухают. Таким образом, можно утверждать, что на процесс колебания медной проволоки натянутой в струну оказывает влияние электрическое, магнитное, тепловое и механическое поле.

Собственную частоту колебаний натянутого провода и скорость бегущей волны можно найти из выражений [3].

$$\omega_n = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{m}} \quad (1)$$

где  $\omega_n$  – собственная частота колебаний натянутого провода (без учета провисания), Гц;  $n$  – число полуволн;  $L$  – расстояние между опорами;  $T$  – натяжение провода, Н;  $m$  – масса провода, кг/м.

$$v_t = \lambda \cdot \omega_n \quad (2)$$

где  $v_t$  – скорость бегущей волны, м/с;  $\lambda$  – длина волны вибрации, м.

Подставляя в выражения 1 и 2 исходные значения для колебаний при токе 3,7А и напряжении 25В получим:  $\omega_n = 545,3$ Гц.  $v_t = 152,7$ м/с. При

обдуве проводника вентилятором при токе 3,7А и напряжении 25В получим:  $\omega_n=327,2\text{Гц}$ ,  $v_t=152,7\text{м/с}$ .

На сайте БГТУ им. В.Г. Шухова (eia.bstu.ru) находятся видеоматериалы параметрических колебаний медной проволоки, жестко закрепленной между опорами.

#### **Выводы:**

1. Результаты экспериментальных исследований показали, что на образование стоячей волны колеблющегося проводника, натянутого в струну влияет периодическое тепловыделение под действием переменного тока, температура среды, обдув проводника воздушным потоком, упругие свойства проводника и электромагнитное поле.

2. Возникающие колебания медной проволоки жестко закрепленной в опорах и натянутой в струну, вызваны воздействием на материал четырех видов полей. Следует учитывать воздействие на проводник электрического, магнитного, теплового и механического полей.

3. Результаты экспериментальных исследований могут быть полезны для разработки математических моделей нелинейных и параметрических колебаний и волн.

#### **Список литературы:**

1. Требукова Н.С., Семернин А.Н. Тепловизионные исследования разрыва проводников в условиях протекания максимального тока // Світлотехніка та електроенергетика. 2009. №1(17). С. 52-56.
2. Сибирцева Н.Б., Семернин А.Н. Особенности разрыва проводников, находящихся под грузом при протекании максимального тока // Світлотехніка та електроенергетика. 2009. №1(17). С. 91-95.
3. РД 34.20182-90. Методические указания по типовой защите от вибраций и субколебаний проводов и грозозащитных тросов воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кВ.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АСПИРАЦИИ ПРИ ЗАГРУЗКЕ БУНКЕРОВ**

**Семенов А.С., ст. преп.,**

**Попов Е.Н., ст. преп.,**

**Вашенко М.А., бакалавр**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

*Исследования выполнены при поддержке Совета по грантам  
Президента РФ (код проекта НШ-588.2012.8), Программы  
стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2016 годы  
(номер регистрации НИР Б-8/13)*

### Аннотация:

Исследования загрузочного устройства, позволяющего исключить возможность взмётывания складированного материала, за счет инерционной сепарации пыли, действующей на аэродинамической основе эффекта Коанда.

Промышленность строительных материалов связана с выделением пыли, поэтому обеспыливание воздушной техносферы производственных помещений и окружающей среды является важной научной и народно-хозяйственной проблемой, требующей безотлагательного решения.

Высокая концентрация пыли в выбросах наносит огромный вред природной среде, приводит к безвозвратной потере большого количества сырья и готового продукта. Производственная пыль – это мельчайшие твердые частицы, выделяющиеся при дроблении, размоле и механической обработке различных материалов, погрузке и выгрузке сыпучих грузов и т.п., а также образующиеся при конденсации некоторых паров.

Большое число научных работ посвящено изучению влияния цементной пыли на состояние здоровья рабочих цементной промышленности. При этом одни исследователи обращают внимание на преобладание у рабочих цементных заводов атрофических и реже гипертрофических ринитов, ларингитов, трахеитов над другими заболеваниями верхних дыхательных путей; другие указывают на большую заболеваемость рабочих бронхитом и эмфиземой. Это разнообразие в данных ученых, по-видимому, объясняется

воздействием на дыхательные пути обследуемых различных марок цемента.

Цементные заводы, несмотря на значительное разнообразие используемых сырьевых материалов и применяемого технологического оборудования, в большинстве своем имеют сходную схему производства.

У всех технологических агрегатов, выделяющих пыль, на цементных заводах устанавливаются пылеулавливающие аппараты, позволяющие не только возратить значительное количество готового продукта или полуфабриката, но и предотвратить загрязнение пылью воздушного бассейна цементных заводов и прилегающих к ним территорий.

Пылевой фон от цементных заводов формируется в основном за счет трех источников пылевыведения: вращающихся печей, цементных мельниц и силосов.

*Основной целью реализации проекта* является повышение эффективности аспирации бункеров путем внедрения в узлы загрузки механизма инерционной сепарации пыли, действующего на аэродинамической основе эффекта Коанда. Кроме снижения экологического загрязнения, возможен и дополнительный экономический эффект за счет снижения потери порошкового материала (производство которого связано с высокими материальными затратами), при этом уменьшатся нагрузка на пылеуловитель и затраты электроэнергии.

Реконструкция систем аспирации является одним из основных пунктов программы модернизации цементных заводов. К сожалению, большинство таких программ ограничивается лишь заменой старого пылегазоочистного оборудования на новое.

Для систем обеспыливания силосов необходимые объемы аспирации  $Q_a$  должны превышать сумму объема воздуха, вытесняемого материалом, поступающего по течке, увлеченного им в процессе движения (эжекционный расход), а также объемы воздуха, используемого при аэрировании цемента и поступающего через неплотности бункера.

На концентрацию  $A$  и дисперсный состав пыли в аспирируемом воздухе  $N'_i - d'_i$  влияет расход загружаемого материала  $G_m$ , гранулометрический состав  $N_i - d_i$ , а так же высота перегрузки  $H$ . При изучении процессов пылеобразования выбор схемы очистки аспирируемого воздуха следует осуществлять на основе концентрации,

поскольку с увеличением величины  $A$  схема очистки усложняется. Что же касается величины  $N'_i - d'_i$ , то влияние дисперсного состава пыли, для условий обеспыливания перегрузочных узлов, на схему очистки незначительно.

Силоса отличаются от бункеров большими размерами по высоте, поэтому при их загрузке действуют дополнительные факторы, приводящие к интенсивному пылевыведению. Воздух, эжектируемый загружаемым потоком, в момент падения вытесняется материалом, растекаясь по конусу насыпавшегося материала, затем отражается от стенок бункера и поднимается вверх, увлекая с собой пылевые частицы, наибольшая концентрация которых образуется в точке удара частиц груза о поверхность.

Поэтому при проектировании и оптимизации систем аспирации бункеров силосного типа особое внимание необходимо уделять процессу загрузки. В предлагаемой системе аспирации первой ступенью очистки является инерционная сепарация с использованием эффекта Коанда при использовании запатентованного устройства для снижения пылеобразования при загрузке сыпучих материалов.

В качестве основных научно-технических задач, решаемых в проекте следует отметить:

1. решение задачи распространения осесимметричной струи вдоль криволинейной поверхности;
2. разработка физико-математической модели процесса сепарации частиц из осесимметричной струи при использовании эффекта Коанда;
3. разработка и внедрение новой конструкции устройства загрузки бункера, в аэродинамическую основу которого заложен эффект Коанда;
4. разработка и экономическое обоснование систем аспирации бункеров, включающих в себя грузозачерпывающее устройство, как начальную ступень пылегазоочистки.

Решение поставленных задач, связанных со снижением концентрации пыли в аспирационном воздухе от цементных силосов являются *актуальными*.

При загрузке бункеров сыпучими материалами с использованием системы пневмотранспорта повышается концентрация пыли в аспирационном воздухе, поскольку пылевоздушная смесь подается с большой скоростью и происходит взмётывание уже складированного материала. Использование эффекта Коанда позволит отклонить струю транспортирующего газа, исключая возможность взмётывания.

Указанное физическое явление выражается отклонением по направлению к стенке (при определенных условиях прилипанием к ней) струи газа, вытекающей из сопла. Под действием вязкости на границе между струей и окружающей средой возникает слой смешения, толщина которого растет с расстоянием. Вследствие этого расход в струе также увеличивается. Таким образом, осуществляется вовлечение (эжекция) окружающего воздуха в струйное течение. Близлежащая стенка препятствует эжекции, в результате чего под струей образуется зона разрежения с давлением меньшим давления в окружающей среде. За счет поперечного перепада давления струя искривляется и устойчиво присоединяется к стенке.

Учет эффекта Коанда важен во многих технологических процессах: струйная пневмоавтоматика, энергетические и вентиляционные установки, данному вопросу посвящались отдельные международные конференции, тем не менее, ряд задач в литературе изучен недостаточно, хотя они имеют важное значение для практики и теории струй.

Основными методами, используемыми при решении поставленных задач, являются аналитическое обобщение известных научных и технических результатов, физическое моделирование, обработку экспериментальных данных методами математической статистики и корреляционного анализа.

Несмотря на развитие численных методов и моделей описания движения воздушных потоков, интегральные методы оставались, и являются до сих пор надежным способом определения и предсказания характеристик присоединенных струйных течений в инженерном проектировании. Суть интегрального метода состоит в том, что для описания течения используются интегральные характеристики. Для струй в качестве таких характеристик выбираются потоки массы, импульса, энергии и т.д. через поперечное сечение. В рамках интегрального метода определяются именно эти характеристики, а более детальная структура течения определяется по ним с помощью априорно заданных профилей.

В соответствии с методами по оптимизации технологических процессов необходимо составить математическую модель процесса, имеющую общий вид:

$$A = f(G_m; N_i - d_i; \rho_m; F; H; \delta / r; \zeta / P_d).$$

Следует отметить, что единая зависимость такого вида отсутствует. Поэтому нами использовалась методика комплексного расчета систем аспирации.

В соответствии с уровнями оптимизации сгруппируем расчеты по определению величины  $A$ :

а) технологический уровень: необходимо определить значения переменных величин  $G_m$ ;  $N_i - d_i$ ;  $\rho_m$ , при которых величина  $A$  была бы минимально возможной;

б) проектный уровень: создаются проектные решения по обеспыливанию силоса при переменных величинах:  $G_m$ ;  $F$ ;  $H$ ;  $\delta / r$ ;  $\zeta / P_\delta$ ;

в) реконструкционный уровень, в котором уже сложились определенные технологические схемы, расходы  $G_m$  и свойства ( $N_i - d_i$ ;  $\rho_m$ ) загружаемого материала, в качестве переменных выступают  $\delta / r$  и  $\zeta / P_\delta$ .

Таким образом, оптимизация систем аспирации цементных силосов по снижению концентрации пыли в аспирируемом воздухе путем внедрения устройства снижения пылеобразования при загрузке сыпучих материалов, возможна как на проектном, так и на реконструкционном (эксплуатационном) уровнях.

Теоретическая часть работы предполагает уточнение решение задачи распространения осесимметричной струи вдоль криволинейной поверхности, разработку физико-математической модели процесса сепарации частиц из осесимметричной струи при использовании эффекта Коанда, определение эффективности устройства загрузки при различных условиях работы, разработке инженерной методики расчета системы, что обуславливает *признак новизны работы*.

Для проверки физико-математической модели процесса сепарации частиц из осесимметричной струи при использовании эффекта Коанда предполагается проведение численного и полнофакторного промышленного эксперимента.

*Предлагаемый коммерческий продукт*, созданный на основе научных результатов проекта – устройство (рис. 1) для снижения пылеобразования при загрузке сыпучих материалов, в основу аэродинамической схемы которого заложен эффект Коанда. Благодаря тому, что на пути транспортирования сыпучего материала устанавливается конус, сыпучий материал под действием сил инерции смещается в периферийную зону потока еще до отрыва от конуса, облегчая выход частиц из струи, а выполнение разделителя потока в

форме тора содействует отклонению и очистке больших объемов газа, предотвращая взмётывание загруженного сыпучего материала.

При движении по соплу 2 сыпучий материал под действием сил инерции перемещается к стенке конуса 4, что обеспечивает его смещение в периферийную зону потока еще до отрыва струи от конуса 4, облегчая выход частиц из струи.

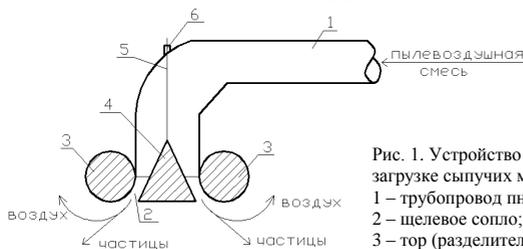


Рис. 1. Устройство для снижения пылеобразования при загрузке сыпучих материалов:

- 1 – трубопровод пневмотранспорта;
- 2 – щелевое сопло;
- 3 – тор (разделитель потока);
- 4 – конус;
- 5 – вертикальный стержень;
- 6 – контргайка

Струя воздуха, вытекая из сопла с высокой скоростью, увлекает окружающий воздух, но поверхность тора препятствует свободному поступлению воздуха с одной стороны струи, способствуя понижению давления у поверхности тора и «прилипанию» к ней струи воздуха. Так как тор, при прочих равных параметрах, имеет большую площадь поверхности по сравнению с цилиндром по прототипу, то это способствует увеличению «прилипающих» и очищающихся объемов газа. Под действием инерционных сил частицы сыпучего материала вылетают из струи, продолжая двигаться в направлении, которое задается образующими конуса 4. Таким образом, поток сыпучего материала движется в место складирования, а поток газа разворачивается согласно эффекту Коанда и отводится с помощью устройства для отвода газа, например любой существующей системой аспирации (на чертеже не показано).

Следует отметить преимущества пылеулавливающих устройств, использующих эффект Коанда, перед другими аппаратами: энергонезависимость; надежная работа при резкой деформации поля скоростей потока на входе в сопловое устройство и в выходном устройстве; по сравнению с циклонами практически не чувствительны к изменению объемного расхода воздуха; в процессе эксплуатации возможно изменение производительности систем аспирации из-за замены вентилятора (электродвигателя) на другой номер; простота

конструкции позволяет изготавливать их собственными силами на неспециализированных предприятиях.

Планируется внедрение на ряде производств, связанных с переработкой и использованием порошкообразных материалов, например, цементных и асбесто-цементных заводов.

Начало работы над проектом берет начало с разработки выпускной квалификационной работы по специальности теплогазоснабжение и вентиляция (2005 г.), исследования которого выполнены при поддержке гранта РФФИ № 05-08-01252а. Данный проект награжден дипломами и грамотой. Разработана конструкция устройства для снижения пылеобразования, произведены патентные исследования, получены патенты на полезные модели устройств.

Проведены экспериментальные исследования, целью которых являлась опытная проверка действия эффекта Коанда, в условиях расширяющегося элемента отклонения (ЭО), а также определение профиля скоростей воздушного потока при работе устройства для снижения пылеобразования при загрузке сыпучих материалов. Для проведения эксперимента изготовлена экспериментальная установка (рис. 2), состоящая из корпуса устройства выполненного из листовой стали, нагнетательного аппарата.

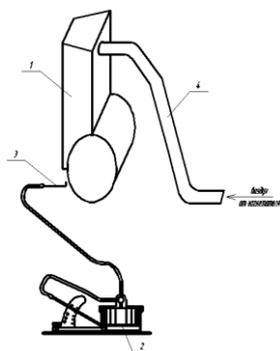


Рис. 2. Экспериментальная установка:  
1 – корпус устройства; 2 – микроманометр типа ММН;  
3 – пневмометрическая трубка;  
4 – воздухопровод от нагнетателя воздуха

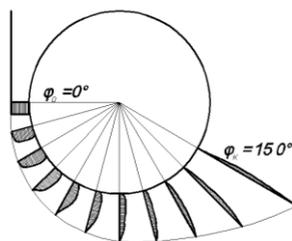
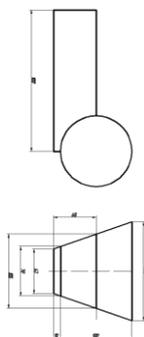


Рис. 3. Схема реализации эффекта Коанда

В результате проведенных экспериментальных исследований выявлено, что эффект Коанда действует и при условиях обтекания тороидальной поверхности. Поток воздуха отрывается от поверхности разделителя потока при  $\varphi = 150^\circ$  (рис.3), что показывает возможность снижения выноса пыли из бункеров путем исключения «взметывания» складированного цемента потоком транспортирующего воздуха.

#### Список литературы:

1. Обеспыливающая монография: монография / В.А. Минко, И.Н. Логачев, К.И. Логачев, А.С. Семенов, Е.Н. Попов и др. Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. 568 с.
2. Учет влияния градиента давления в интегральной модели описания присоединенных струй / А.С. Семенов, Д.Ю. Малахов, Е.Н. Попов, А.И. Алифанова // Современные наукоемкие технологии. 2013. №8-1. С. 52-54.
3. Маконин А.Л., Семенов А.С. Бункеры силосного типа // Современные наукоемкие технологии. 2013. №8-1. С. 42-43.
4. Семенов А.С., Попов Е.Н., Малахов Д.Ю. Влияние цементной пыли на организм человека // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2012. №2. С. 93-94.
5. Семенов А.С., Попов Е.Н. Оптимизация системы аспирации цементных бункеров // Современные проблемы образования и производства: сб. науч. трудов II Междунар. науч.-практ. конф.: Т.1. Нижний Новгород: НФ УРАО, 2010. С. 465-468.
6. Семенов А.С., Попов Е.Н. Определение объемов аспирационного воздуха при обеспыливании бункеров // Наука и молодежь в начале нового столетия: сб. III Междунар. науч.-практ. конф. студ., асп. и молод. ученых // Губкин, ИП Уваров В.М., 2010. С. 71-75.
7. Семенов А.С., Попов Е.Н. К обеспыливанию бункеров // Современные проблемы образования и производства: сб. науч. трудов II Междунар. науч.-практ. конф.: Т.1. Нижний Новгород: НФ УРАО, 2010. С. 468-471.
8. Семенов А.С., Солодовников В.Н. Снижение пылеобразования при загрузке бункеров сыпучими материалами // Наука и молодежь в начале нового столетия: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. студ., асп. и молод. ученых // Губкин: ИП Уваров В.П., 2008. Часть I. С. 193-196.
9. Оптимизация централизованных систем аспирации / А.С. Семенов, В.А. Минко, С.В. Староверов, А.Ю. Феоктистов, А.Б. Гольцов, В.М. Киреев, А.В. Минко // Современные проблемы технического, естественнонаучного и гуманитарного, естественнонаучного и

- гуманитарного знания: сб. докл. Всерос. науч.-практ. конф. Губкин: «Интерфейс», 2007. Часть 1.
10. Инерционное сепарирование в узлах загрузки бункеров / А.С. Семенов, И.Н. Логачев, А.Ю. Феоктистов, А.Б. Гольцов, В.М. Киреев // Современные проблемы технического, естественнонаучного и гуманитарного, естественнонаучного и гуманитарного знания: сб. докл. Всерос. науч.-практ. конф. Губкин: «Интерфейс», 2007. Часть 1.
  11. Семенов А.С., Никитенко Б.Л. Применение эффекта Коанда в системах пылегазоочистки // Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии: сб. студ. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. Ч.1.
  12. Семенов А.С., Никитенко Б.Л. Центробежная сепарация пылевых частиц в обеспыливании воздуха // Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии: Сб. студ. докл. Междунар. науч.-практ. конф. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. Ч.1.
  13. Семенов А.С., Никитенко Б.Л., Логачев И.Н. Аспирация цементных силосов // Актуальные проблемы современной науки: тр. 1-го Междунар. форума (6-й Междунар. конф. молод. учёных и студ.) Ч. 22: архитектура строительство. Самара, 2005.
  14. П.М. 48318 Российская Федерация: МПК В65G69/18. Логачев И.Н., Семенов А.С.; Овсянников Ю.Г., Никитенко Б.Л. Устройство для снижения пылеобразования при загрузке сыпучих материалов // П.М. № 2005117396/22. 2005.
  15. П.М. 97811 Российская Федерация: МПК F24F7/06. Логачев К.И., Семенов А.С., Логачев И.Н., Овсянников Ю.Г., Овсянников Р.Ю. Устройство для снижения подсосов воздуха через открытые проемы укрытия // П.М. № 2010114522/06. 2010.

## **ВОЗМОЖНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ЗАГРУЗКИ МЕЛЬНИЦ С УЧЕТОМ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ СМАЗКИ ОПОРНЫХ ПОДШИПНИКОВ**

**Сибирцева Н.Б., ст. преп.,  
Потапенко А.Н., канд. техн. наук, доц.,  
Литвиненко Р.С.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Современные системы регулирования централизованных маслостанций, которые применяются для смазки трущихся частей мельниц различного типа, предоставили новые возможности для разработки систем измерения уровня загрузки мельниц. Эти системы позволяют повысить эффективность функционирования автоматизированных систем управления мельницами в целом, что важно с позиции энергосбережения и позиции качества готового продукта.

Для дробильно-измельчительного оборудования применяются современные автоматизированные централизованные маслостанции для жидкой и густой смазки трущихся частей [1, 2]. Локальные системы автоматического регулирования (САР) централизованных маслостанций обеспечивают стабилизацию температурного режима работы подшипников, редукторов, венцовых пар, подшипников электроприводов дробильно-измельчительного оборудования. Применение подобных систем, например, для мельниц самоизмельчения (МС) и полусамоизмельчения (МПС), цементных мельниц предоставляет новые возможности для разработки «интеллектуальных» систем измерения уровня загрузки этого оборудования.

Мельницы самоизмельчения при относительно простой конструкции и в сочетании с высокими эксплуатационными показателями обеспечивают возможность длительной эксплуатации с высокой производительностью. Для процессов измельчения компонентов в мельницах МС и МПС применяются модификации стандартных схем измельчения.

Подача исходного материала в мельницу – это один из этапов процесса измельчения, который может существенно повлиять на уровень загрузки (заполнения) мельницы и на потребляемую мощность электродвигателя этой мельницы. Увеличение уровня загрузки

мельницы влияет на эффективность измельчения, так как это динамический процесс, и массы в этом процессе должны быть сбалансированными.

Уровень загрузки мельницы может контролироваться по потребляемой мощности электродвигателя мельницы  $P_{пр}$  или по давлению масла в опорных подшипниках мельницы  $p_m$  [3] (рис. 1). Для мельниц самоизмельчения стабилизация уровня загрузки барабана исходным материалом обеспечивается путём воздействия на частоту вращения привода питателя.

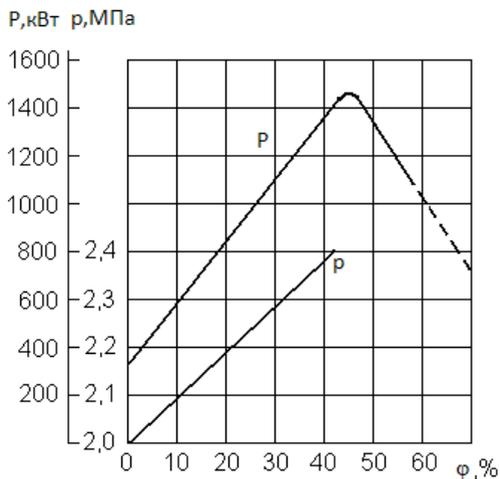


Рис. 1. Пример зависимостей  $P_{пр}$  и  $p_m$  для мельницы самоизмельчения

Из статических характеристик можно выделить два канала регулирования «потребляемая мощность  $P_{пр}$  – частота вращения привода питателя» или «давление масла  $p_m$  – частота вращения привода питателя».

В мельницах самоизмельчения предлагается метод измерения уровня загрузки на основе совместного измерения давления масла в централизованных системах маслосмазки 2-х опорных подшипников питательной и разгрузочной цапф мельницы с помощью «интеллектуальных» датчиков давления, а затем осреднения полученных данных.

Схема расположения систем централизованной смазки мельницы МС показана на рис. 2.

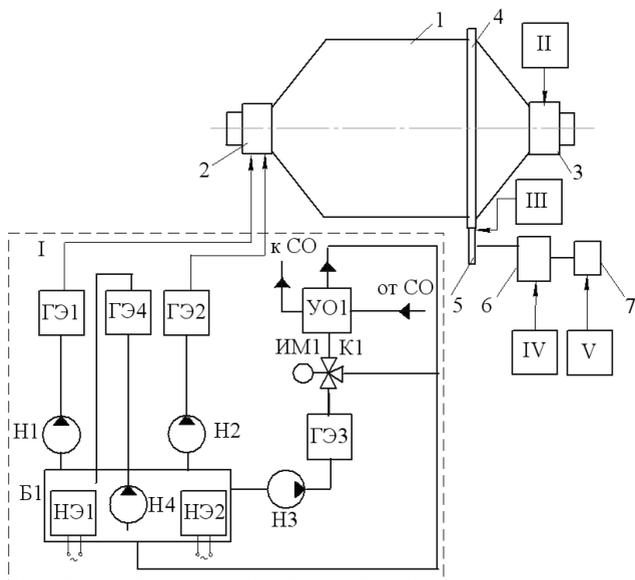


Рис. 2. Централизованные системы смазки мельницы самоизмельчения

Схема систем смазки мельницы самоизмельчения включает две централизованные системы жидкой смазки: питательного (I) и разгрузочного (II) подшипников цапф мельницы. Венцовая пара (III), подшипники редуктора привода (IV) и электродвигатель мельницы (V) обслуживаются специализированной станцией густой смазки [2].

Элементы оборудования (рис. 2) следующие: мельница самоизмельчения, питательная (2) и разгрузочная (3) цапфы, венцовая 4 и приводная 5 шестерни, редуктор 6 и электродвигатель 7. Загрузочная и разгрузочная части мельницы 1 включают цапфы 2 и 3, связанные с её торцевыми крышками и опираются на подшипники с баббитовой заливкой (смазываются жидкой смазкой). В состав централизованной системы подшипника 2 входят насосы высокого Н1 и низкого Н2 давления, циркуляционный насос Н3 для охлаждения масла, погружной насос Н4 для перемешивания масла в маслобаке, элементы гидросистем ГЭ1 – ГЭ4 (фильтры, обратные и предохранительные клапаны и др.), устройство охлаждения УО (маслоохладитель), через который по одним каналам циркулирует нагретое масло, а по другим – охлаждающая жидкость из системы охлаждения СО, регулирующий клапан К1 с

электрическим приводом ЭМ и маслобак Б1 с нагревательными элементами НЭ. Локальные системы автоматического регулирования (САР) с помощью контроллеров обеспечивают регулирование температуры в контурах охлаждения масла подшипников мельницы самоизмельчения путем изменения расхода холодной воды через маслоохладитель УО.

В условиях непрерывной работы мельницы, высокие температуры ведут к опасным ситуациям для трущихся частей механизмов мельницы. В связи с этим в централизованных системах смазки предусмотрено охлаждение масла на базе маслоохладителя. Анализ режимов работы системы смазки мельницы показывает следующее. Во-первых, возможно получение первичной информации от датчиков давления, находящихся в системах централизованной смазки I и II (см. рис. 2), для использования этой информации в автоматизированной системе загрузки мельницы, так как изменяется давление при изменении степени загрузки мельницы. Во-вторых, для получения функциональной связи между загрузкой мельницы и давлением в гидросистеме насоса/насосов систем централизованной смазки необходимо обеспечить стабилизацию расхода масла в системах I и II мельницы. В-третьих, необходимо предусмотреть компенсацию возмущающих воздействий в работе систем централизованной смазки I и II с учетом нагрева или охлаждения масла в различные периоды года.

Для компенсации возмущающих воздействий в централизованных системах смазки подшипников предусмотрено основное охлаждение жидкой смазки маслобака Б1 на базе маслоохладителя УО1, как показано на рис. 3.

Для этой системы охлаждения масла предусматриваются условия, чтобы Б1 и УО1 находились в непосредственной близости от мельницы с возможностью регулирования температуры циркулирующей жидкой смазки на основе применения локальной САР3, что позволяет уменьшить время запаздывания в гидросистемах. Обозначения на схеме (рис. 3) следующие: маслобак Б1, насос Н3 с электроприводом М3, предохранительный клапан КП1, клапан обратный КО1, маслофильтры Ф1 и Ф2, реле перепада давления РД1 и РД2, шаровые краны К2-К8, трёхходовой клапан К1 с исполнительным механизмом ИМ1, маслоохладитель УО1 и система охлаждения СО.

Регулирование температуры жидкой смазки маслобака осуществляется при помощи изменения расхода жидкой смазки через маслоохладитель. Регулируемая величина локальной САР – температура масла, а регулирующая величина – расход жидкой смазки

через УО1. Следует отметить, что выбранный канал регулирования позволяет практически исключить дополнительное охлаждение жидкости в маслоохладителе гидросистемы насоса низкого давления Н2.

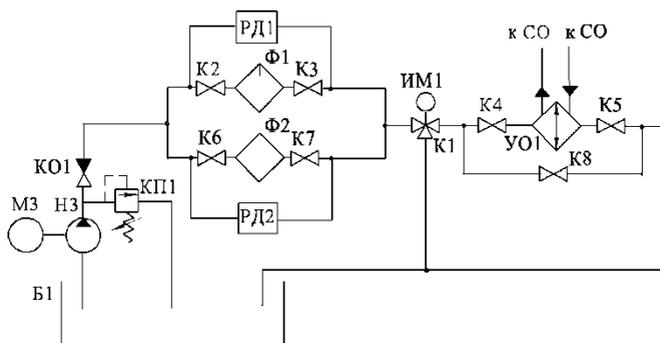


Рис. 3. Схема системы охлаждения жидкой смазки гидробака

Как показала практика, уравнение динамики описываемого физического процесса можно представить в виде неоднородного дифференциального уравнения 2-го порядка следующего вида

$$\tau_1 \tau_2 \frac{d^2 T_o(t)}{dt^2} + (\tau_1 + \tau_2) \frac{dT_o(t)}{dt} + T_o(t) = k_l G_o(t), \quad (1)$$

где  $k_l$  – коэффициент передачи объекта управления (процесса охлаждения жидкой смазки);  $\tau_1, \tau_2$  – постоянные времени распределённого объекта управления;  $T_o(t)$  – температура масла на сливе в бак Б1;  $G_o(t)$  – расход жидкой смазки через маслоохладитель УО1.

Уравнение неразрывности струи с учётом разделения потоков с помощью трёхходового клапана К1 имеет следующий вид

$$G_c(t) = G_o(t) + G_1(t), \quad (2)$$

где  $G_c(t)$  – расход жидкой смазки в трубопроводе на сливе жидкой смазки в Б1;  $G_1(t)$  – расход жидкой смазки через перемычку, связывающую трёхходовой клапан К1 с трубопроводом на сливе жидкой смазки в Б1.

Учитывая, что  $G_e = G_c = const$  в каждый момент времени ( $G_e(t)$  – расход жидкой смазки на входе трёхходового клапана К1), то из (2) следует соотношение:

$$G_o(t) = G_c(t) - G_1(t). \quad (3)$$

Рассмотрим участок на сливе жидкой смазки в Б1 с учётом расход жидкой смазки через переключку, связывающую трёхходовой клапан К1 с трубопроводом на сливе жидкой смазки в Б1 и расход жидкой смазки через маслоохладитель УО1. С учетом закона сохранения количества теплоты и уравнения (3) получим следующее выражение:

$$G_c(t) T_c(t) = G_1(t) T_o(t) + (G_c(t) - G_1(t)) T_o(t), \quad (4)$$

где  $T_c(t)$  – температура жидкой смазки в трубопроводе на сливе жидкой смазки в Б1;  $T_o(t)$  – температура жидкой смазки через переключку, связывающую трёхходовой клапан К1 с трубопроводом на сливе жидкой смазки в Б1, причём температура жидкой смазки на вход трёхходового клапана К1 и температура жидкой смазки через переключку равны;  $T_o(t)$  – температура жидкой смазки после маслоохладителя УО1.

Применение гидравлического метода измерения, основанного на измерении давления масла в централизованных системах маслосмазки, позволит определить уровень загрузки мельницы.

#### Список литературы:

1. Госман А.И. Централизованные системы смазки для дробильно-измельчительного оборудования. Горная промышленность. 2004. №4. С. 29-32.
2. Автоматизированные централизованные системы смазки горных и обогатительных машин / М.А. Зябрев, В.А. Зябрев, М.И. Шупиченко, М.В. Полянский // материалы науч.-практ. конф. НПО «РИВС-2008». Санкт-Петербург, 2008. С. 49-51.
3. Троп А.Е., Козин В.З., Прокофьев Е.В. Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик. М.: Недра, 1986. 303 с.

## ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ ЗАГРУЗКИ МЕЛЬНИЦ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ СМАЗКИ

Сибирцева Н.Б., ст. преп.,  
Потапенко А.Н., канд. техн. наук, доц.,  
Хворостенко С.В.

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

В автоматизированных системах диспетчерского управления (АСДУ) процессом переработки руды доля информации об измельчении может составлять (15-20)% общего объёма информации, используемой в АСДУ. Для обеспечения подготовки пульпы к обогащению, были разработаны основные принципы управления процессом измельчения.

Один из известных принципов управления процессом измельчения, как объекта управления (ОУ), основан на возможности стабилизации уровня загрузки барабана мельницы рудой путём воздействия на частоту вращения привода питателя. Этот подход используется в системах автоматического регулирования (САР) процессом измельчения на нижнем уровне АСДУ процесса переработки руды.

В САР процесса измельчения по каналу регулирования «уровень загрузки  $h(t)$  – расход руды  $G(t)$ » выходная величина ОУ –  $h(t)$  для различных типов мельниц может контролироваться, как правило, 3-мя способами:

- 1) по изменению шума при измельчении, производимого мелющими телами в зоне падения (для мельниц со стальной футеровкой);
- 2) по изменению потребляемой мощности электроприводом мельницы (для мельниц самоизмельчения или полусамоизмельчения);
- 3) по изменению давлению масла в опорных подшипниках (для мельниц с резиновой футеровкой).

Последний из рассматриваемых способов в настоящее время имеет широкие возможности для развития. Это связано с внедрением для дробильно-измельчительного оборудования современных автоматизированных централизованных маслостанций, как для жидкой, так и густой смазки трущихся частей, локальные системы автоматического регулирования (САР) обеспечивают стабилизацию температурного режима работы подшипников, редукторов, венцовых пар и подшипников электроприводов, что возможно использовать для

разработки «интеллектуальных» систем измерения уровня загрузки этого оборудования.

Подача исходной руды в мельницу – это один из этапов процесса измельчения, который может существенно повлиять на величину  $h(t)$  и на потребляемую мощность электродвигателя этой мельницы. Увеличение уровня загрузки мельницы влияет на эффективность измельчения, так как это динамический процесс, и массы в этом процессе должны быть сбалансированными.

Особенности микропроцессорного измерительного модуля уровня загрузки заключаются в получении и усреднении первичной информации от датчиков давления, находящихся в гидросистемах опорных подшипников питательной 2 и разгрузочной 3 цапф, связанными с централизованными системами маслосмазки I и II. Эти датчики измеряют величины изменяющегося давления в зависимости от изменении степени загрузки мельницы. Для получения однозначной связи между загрузкой мельницы  $h(t)$  и давлением  $P(t)$  в гидросистемах опорных подшипников обеспечивается стабилизация расхода масла в системах I и II мельницы на выходе насосов Н2 низкого давления и компенсация возмущающих воздействий, связанных с изменением температурного режима опорных подшипников питательной 2 и разгрузочной 3 цапф.

Для стабилизации расхода масла в системе маслосмазки применяют регулируемый электропривод на базе ППЧ – АД.

Выбирается преобразователь частоты с промежуточным звеном постоянного тока.

Упрощенная принципиальная схема преобразователя частоты представлена на рис. 2.

Существует три метода частотного управления:

- скалярное;
- векторное;
- прямое управление моментом (разновидность векторного управления).

Скалярное управление применяется для «спокойной» нагрузки, диапазон регулирования  $D = 5:1$  при разомкнутой системе, и  $D = 100:1$  при замкнутой. Отличительной особенностью скалярного управления является то, что управление происходит по модулю величин со стабилизацией регулируемых параметров в статике. Недостаток скалярного управления в том, что невозможно контролировать параметры в динамике ( $\psi$ ,  $i$ ,  $M$ ).

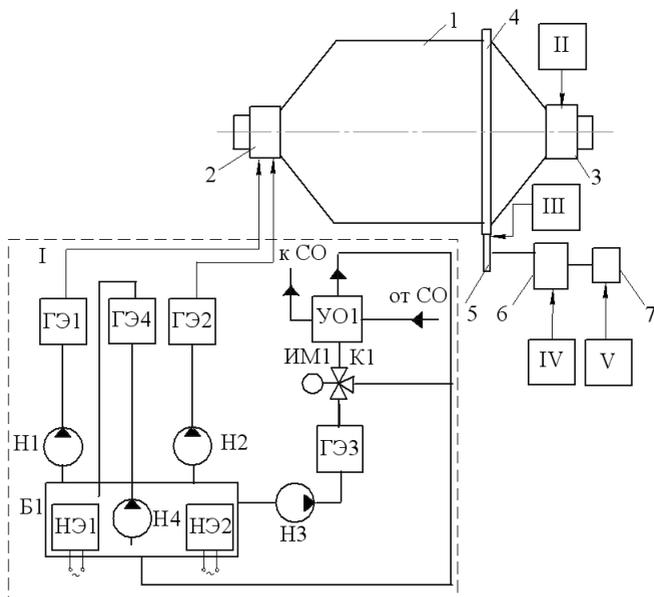


Рис. 1. Централизованные системы смазки мельницы самоизмельчения

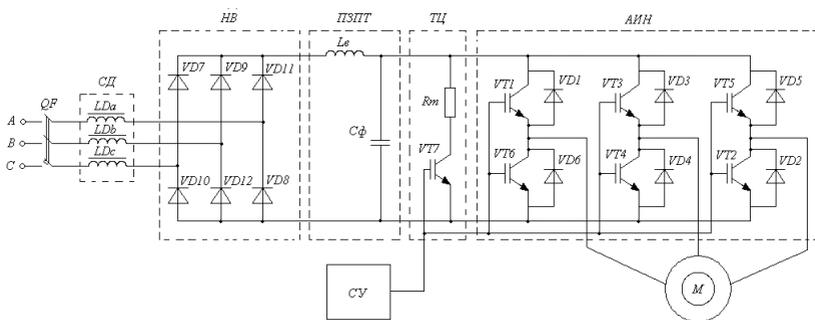


Рис. 2. Упрощенная принципиальная схема преобразователя частоты

Векторное управление применяется в основном для механизмов с резко изменяющейся нагрузкой или где необходимо высокая стабилизация скорости и большой диапазон регулирования, а также где надо контролировать параметры в динамике.

Прямое управление моментом применяется для механизмов, работающих на «упор», и там где необходимо формировать экскаваторную характеристику.

Исходя из технологического процесса, следует:

- характер нагрузки в заданном диапазоне регулирования можно считать «спокойным»;

- необходимый диапазон регулирования по скорости  $D = 5:1$  при среднем моменте  $M_c$ .

На основании выше перечисленного принимается скалярный закон управления.

При  $M_c = \text{const}$  и  $D = 5:1$  применяется скалярный закон регулирования

$$\frac{U_1}{f_1} = \text{const}$$

и стабилизацией потокосцепления статора  $\psi_1 = \text{const}$ . Выбор обоснован тем, что этот закон удовлетворяет необходимые условия регулирования, а его практическая реализация значительно проще, чем при стабилизации  $\psi_2$  (потокосцепления ротора) и  $\psi_m$  (потокосцепления в воздушном зазоре).

На основании выбранного скалярного закона управления со стабилизацией потокосцепления статора, составляем функциональную схему управления с датчиком ЭДС.

Обратная связь для стабилизации выходного напряжения выпрямителя на настройки регуляторов влияния не оказывает и поэтому она не учитывается в структурной схеме. IR компенсация, предназначенная для компенсации активного сопротивления статора, также не оказывает влияние на настройки регуляторов и поэтому не учитывается.

Следует отметить, что микропроцессорный измерительный модуль уровня загрузки мельницы позволяет повысить эффективность процесса измельчения по каналу регулирования «уровень загрузки  $h(t)$  – расход руды  $G(t)$ » при применении современных централизованных систем маслосмазки на базе частотно-регулируемого привода насоса.

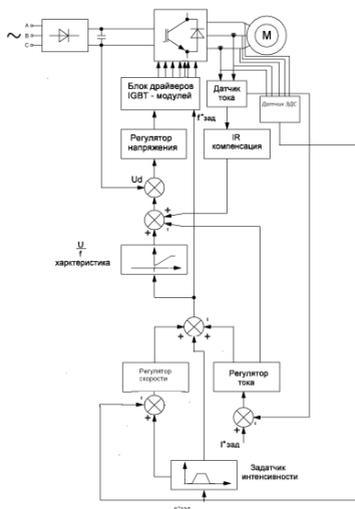


Рис. 3. Схема ЭП со скалярным управлением с датчиком ЭДС

#### Список литературы:

1. Троп А.Е., Козин В.З., Прокофьев Е.В. Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик. М.: Недра, 1986. 303 с.
2. Сибирцева Н.Б., Потапенко А.Н., Семернин А.Н. Особенности автоматизации загрузки сырьевой мельницы в составе систем АСДУ // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т.13. №1(3). С. 641-645.
3. Госман А.И. Централизованные системы смазки для дробильно-измельчительного оборудования // Горная промышленность. 2004. №4. С. 29-32.
4. Автоматизированные централизованные системы смазки горных и обогатительных машин / М.А. Зябрев, В.А. Зябрев, М.И. Шупиченко, М.В. Полянский // матер. науч.-практ. конф. НПО «РИВС-2008». Санкт-Петербург, 2008. С. 49-51.
5. Сибирцева Н.Б., Потапенко А.Н., Семилетов Н.А. Методы измерения уровня загрузки мельниц, основанные на физических процессах современных централизованных систем смазки // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т.12. №4(3). С. 694-697.

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ТЕПЛОВЫМ ПУНКТОМ**

**Солдатенков А.С., ст. преп.,  
Волков И.С.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Использование автоматического регулирования в системах как централизованного, так и децентрализованного теплоснабжения позволяет повысить качество их функционирования и снизить потребление тепловой энергии. Например, в системах централизованного теплоснабжения это обеспечивается локальными системами автоматического регулирования (САР) в автоматизированных индивидуальных тепловых пунктах (ИТП), позволяющих выполнять качественно-количественное регулирование теплоносителя.

Создание автоматизированных систем управления теплоснабжением зданием позволяет частично приблизить его к «интеллектуальным» [1]. Отмечается, что на основе автоматизированного ИТП здания можно получить экономию тепловой энергии до 30% в переходные периоды отопительного сезона [2].

В [3] установлено, что для зданий с ограждающими конструкциями с сопротивлениями теплопередаче, не соответствующими нормативным, применение автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) процессом централизованного теплоснабжения комплекса зданий позволяет существенно снизить потребление тепловой энергии, но при условиях, если среднемесячные температуры воздуха выше среднестатистических температур в отопительный период (например, теплая зима), в противном случае эффект от внедрения автоматизированных систем заключается в отсутствии перерасхода теплопотребления без применения капитальных затрат на утепление зданий, но в определенном температурном диапазоне. Так же в [3] показано, что важно проводить энергосберегающие мероприятия, связанные с экономией тепловой энергии на базе автоматизированных ИТП зданий в составе (АСДУ), так как оперативная информация о фактическом потреблении энергоресурсов позволит эффективно управлять распределенными энергосистемами на основе имитационного моделирования процессов теплоснабжения зданий, а архивные данные

обеспечат решение задач оптимизации при планировании потребления энергоресурсов.

При математическом моделировании управления процессом отопления на основе автоматизированного ИТП здания принят подход, учитывающий в обобщенной форме объект управления (может представляться в виде звеньев аperiodического первого или второго порядка с запаздыванием или без него для этих процессов) и особенности схем систем отопления здания [3-5].

Структура типового автоматизированного ИТП для зависимой системы отопления, показанная на рис. 1, содержит технологический контроллер ТК1, моноблок циркуляционных насосов Н1 и Н2 с электроприводами М1 и М2, регулирующий клапан К1 с исполнительным механизмом ИМ1, обратный клапан КО1, регулятор перепада давления прямого действия РД1 с клапаном К2, датчики температуры воздуха ДТ1, температуры теплоносителя ДТ2 и ДТ3, датчики давления ДД1 и ДД2, а также узел учета тепловой энергии, например, теплосчетчик с комплектом датчиков температуры, расхода и давления.

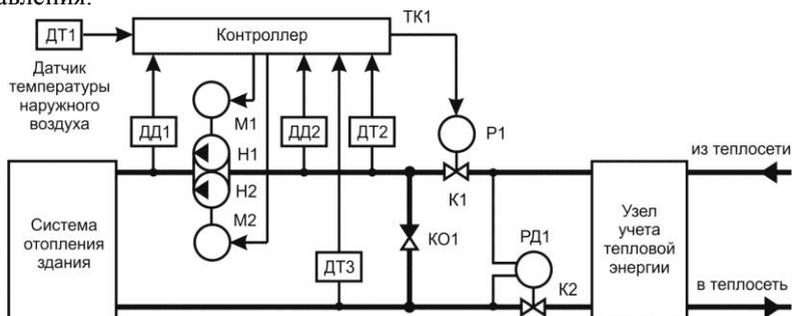


Рис. 1. Блок-схема автоматизированного ИТП здания

Обобщенная функциональная схема системы отопления автоматизированного ИТП здания показана на рис. 2. Состав элементов схемы следующий: блок регулятора по возмущению Р1 (погодная компенсация); двухконтурный блок регулятора Р2 по отклонению технологической величины; П1 – П3 элементы-преобразователи выходных величин датчиков температуры Д1 – Д3 (термопреобразователи сопротивления на выходе с  $R_i$ ) в измеряемые ими физические величины; исполнительный механизм ИМ; регулирующий орган РО в виде седельного клапана; узел смешивания теплоносителей УС от присоединяемых тепловых сетей и от обратного



$$\left\{ \begin{array}{l}
\tau_{da} \frac{dT_a^*(t)}{dt} + T_a^*(t) = k_{da} T_a(t), \\
\tau_{d1} \frac{dT_{01}^*(t)}{dt} + T_{01}^*(t) = k_{d1} T_{01}(t), \\
T_{co}(t) = f_1(T_a^*), \\
\Delta T(t) = T_{co}(t) + T_3(t) - T_{01}^*(t), \\
x_1(\Delta T) = \begin{cases} 0, & -X_d \leq \Delta T(t) \leq X_d, \\ k_1 \Delta T(t), & |\Delta T(t)| > X_d, \end{cases} \\
\varepsilon(t) = \frac{k_m}{X_p} \left[ x_1(\Delta T) T_u + \frac{dx_1(\Delta T)}{dt} \right], \\
x_2(t) = \begin{cases} k_2 \varepsilon(t), & -k_m \leq \varepsilon(t) \leq k_m, \\ k_m, & |\varepsilon(t)| > k_m, \end{cases} \\
\frac{d\xi(t)}{dt} = \frac{k_u}{\tau_u} x_2(t), \\
G_{01}(t) = G_1 k_k e^{k_2 \xi(t)}, \\
T_1 G_{01}(t) + T_{02}(t) (G_{co} - G_{01}(t)) = G_{co} T_{01}(t), \\
\tau_1 \tau_2 \frac{d^2 T_{02}(t)}{dt^2} + (\tau_1 + \tau_2) \frac{dT_{02}(t)}{dt} + T_{02}(t) = k T_{01}(t), \\
\tau_{d2} \frac{dT_{02}^*(t)}{dt} + T_{02}^*(t) = k_{d2} T_{02}(t).
\end{array} \right. \quad (1)$$

Система (1) включает следующие уравнения: уравнения движения датчиков температуры Д3и Д1; уравнения для регуляторов Р1 и Р2 (уравнение отопительного графика для вычисления расчетной температуры теплоносителя в подающем трубопроводе СО здания  $T_{CO}$ ; уравнение связи для определения  $\Delta T$ ; нелинейное уравнение зоны нечувствительности регулятора; уравнение регулятора Р2 для управления в системах теплоснабжения, например, по аналогии со специализированными контроллерами; нелинейное уравнение зоны ограничения; уравнение исполнительного механизма (считается интегрирующим звеном); уравнение РО относительно выходной величины  $G_{01}$ ; уравнение связи для УС; уравнение движения ОУ по каналу регулирования «температура теплоносителя  $T_{02}$  – температура теплоносителя  $T_{01}$ »; уравнение движения датчика температуры Д2. Дополнительные обозначения в системе уравнений (1) следующие:  $\tau_{di}$  и  $k_{di}$  – соответственно постоянная времени и коэффициент передачи  $i$ -го датчика температуры;  $G_{CO}$  – расход теплоносителя во внутреннем контуре СО здания, определяемый циркуляционным насосом (см. рис. 1);  $G_1$  – номинальный расход теплоносителя на входе РО;  $T_1$ –

температура теплоносителя в подающем трубопроводе на вводе в ИТП;  $x_1(\Delta T)$  – выходная величина нелинейной зоны нечувствительности регулятора P2;  $x_2(t)$  – выходная величина нелинейной зоны ограничения (насыщения) в регуляторе P2;  $k_1$  и  $k_2$  – коэффициенты пропорциональности соответственно нелинейных зон нечувствительности и ограничения регулятора P2;  $X_d$  – зона нечувствительности регулятора P2;  $X_p$  – зона пропорциональности регулятора P2;  $T_u$  – постоянная регулятора P2.

Представлена математическая модель управления процессом отопления здания включает уравнения динамики объекта управления, с учетом нелинейности процесса смешивания теплоносителя на входе в СО здания при зависимом присоединении к тепловым сетям, и позволяет исследовать особенности динамических процессов этой системы.

#### Список литературы:

1. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. 200 с.
2. Грудзинский М.М., Прижижецкий С.И., Грановский В.Л. Энергоэффективные системы отопления // Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 999. №6. С. 38–39.
3. Автоматизированное управление процессом централизованного теплоснабжения распределенного комплекса зданий с учетом моделирования этих процессов / А.Н. Потапенко, Е.А. Потапенко, А.С. Солдатенков, А.О. Яковлев // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2007. №7–8. С. 120–134.
4. Потапенко Е.А., Солдатенков А.С., Яковлев А.О. Исследование энергосберегающих алгоритмов управления процессом отопления здания с зависимым теплоснабжением // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2011. №2. С. 74–78.
5. Солдатенков А.С., Потапенко А.Н., Глаголев С.Н. Разработка и исследование математической модели управления автоматизированным индивидуальным тепловым пунктом // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2012. С. 41–48.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА

**Сухорослова В.В., студент,  
Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Белгородская область известна своими богатыми запасами мела, песка, глины и полезных ископаемых, поэтому является одним из ведущих производителей цемента. Продукция Белгородских заводов широко известна в нашей стране и за рубежом. Цемент является базовой составляющей всего строительства. Поэтому наиболее важно производить клинкер с оптимальными показателями.

Целью работы является получение функциональных зависимостей тепловых характеристик клинкеров двух составов от температуры, а также сравнение их между собой. В данной работе тепловыми характеристиками выступают: теплоемкость, температуропроводность и теплопроводность.

Для изучения тепловых характеристик цементного клинкера использовались два образца, соответствующие низкоосновному и обычному порландцементу. Одна серия смесей изготавливалась из заводского сырья ОАО «Вольскцемент», другая – из сырья ОАО «Осколцемент», предоставленных предприятиями. Смесей приготавливались и обжигались на базе лаборатории № 1 испытательного центра «БГТУ-сертис», оборудование которой сертифицировано по европейскому стандарту EN-196-1. Для сырьевых смесей и полученного клинкера в заводской лаборатории был произведен химический анализ для определения их фактического состава.

Данные о химическом составе полученного клинкера в табл. 1. Для определения минералогического состава исследуемых гранул был проведен рентгенофазовый анализ. Все клинкера имели стандартный фазовый состав, на рентгенограмме имелись пики, соответствующие  $C_3S$ ,  $C_2S$ ,  $C_3A$  и  $C_4AF$ . Содержание  $CaO_{св}$  находилось в пределах нормы, пики  $CaO$  на рентгенограмме отсутствовали. Признаков начала гидратации клинкеров не обнаружено, так как на рентгенограмме отсутствуют пики, соответствующие гидросиликатам кальция и  $Ca(OH)_2$ .

Таблица 1 – Состав исследованных клинкеров

Наименование	Минералогический состав, %				Модульные характеристики		
	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF	КН	n	p
Клинкер КН=0,7	9,8	66,5	7,0	12,2	0,70	2,78	1,30
Клинкер КН=0,9	55,7	23,6	5,7	13,7	0,90	1,08	2,50

Полученный лабораторный клинкер (табл. 1) исследовался в установке термического анализа NETZSCH STA 449 C/4/G Jupiter. Диапазон температур измерения – 100...1000°C. Обработка результатов заключалась в определении вида зависимости теплоемкости от температуры и состава и оценке коэффициентов уравнений.

На рисунке 1 представлены графики зависимости удельной теплоемкости клинкеров заданного состава от температуры. Отдельными точками на графиках показаны значения истинной теплоемкости, полученные экспериментально на установке термического анализа. По полученным данным для каждого клинкера было подобрано уравнение следующего вида:

$$C_{p_{ист}} = a + b \cdot T + \frac{c}{T^2} \quad (1)$$

где  $a$ ,  $b$  и  $c$  – коэффициенты, подобранные методом усреднения опытных данных (табл. 2).

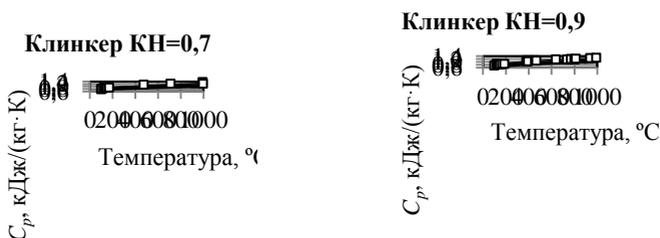


Рис. 1. Графики зависимости удельной теплоемкости от температуры:

- – истинная экспериментальная; — — — регрессионное уравнение, полученное по экспериментальным точкам; - - - - средняя, полученная аддитивным способом по справочным данным; — — — средняя, полученная интегрированием экспериментального уравнения истинной теплоемкости

Сравнение теоретических и экспериментальных значений произведено с использованием средней теплоемкости, для которой в литературе приведены уравнения для различных химических

соединений. Значение средней теплоёмкости по литературным данным определялось аддитивным методом с использованием уравнений теплоёмкости для клинкерных минералов и их массового процентного содержания. Полученная расчетная средняя теплоемкость на рис. 1 представлена пунктирной жирной линией.

Экспериментальная средняя теплоемкость цементных клинкеров получена путем интегрирования уравнения (1) истинной теплоемкости:

$$C_{p_{cp}} = \frac{1}{t} \cdot \int_{273}^T C_{p_{уем}} dT ; \quad (2)$$

Подставив в уравнение (2) выражение (1), можно представить среднюю теплоемкость в виде:

$$\begin{aligned} C_{p_{cp}} &= \frac{1}{t} \cdot \int_{273}^T \left( a + bT + \frac{c}{T^2} \right) \cdot dT = \frac{1}{t} \cdot \left( aT + \frac{1}{2} bT^2 - \frac{c}{T} \right) \Big|_{273}^T = \\ &= \frac{1}{t} \cdot \left( aT + \frac{1}{2} bT^2 - \frac{c}{T} - a \cdot 273 - 37264,5 \cdot b + \frac{c}{273} \right) \end{aligned}$$

После всех преобразований уравнение средней экспериментальной теплоемкости будет иметь вид:

$$C_{p_{cp}} = \frac{1}{t} \cdot \left( k + aT + \frac{1}{2} bT^2 - \frac{c}{T} \right) ; \quad (3)$$

где  $k$  – коэффициент:

$$k = -a \cdot 273 - 37264,5 \cdot b + \frac{c}{273}$$

На рис. 1 эти кривые изображены сплошными жирными линиями.

Измерение коэффициента температуропроводности производилось с помощью прибора лазерной вспышки LFA-457 MicroFlash на интервале температур от 100 до 400°С. По экспериментальным данным были выявлены функциональные зависимости коэффициента температуропроводности от температуры вида:

$$a = x + y \cdot T ; \quad (4)$$

где  $x$  и  $y$  – коэффициенты, подобранные методом усреднения опытных данных (табл. 2).

Наглядное изображение экспериментальных точек и функций (4) представлено на рисунке 2.

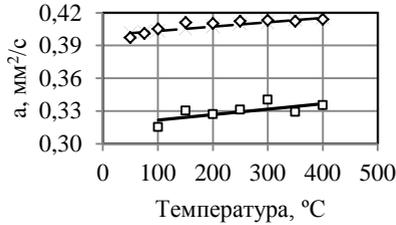


Рис. 2. Графики зависимости коэффициента температуропроводности от температуры:

- – экспериментальные значения  $a$  (КН=0,7); — — — регрессионное уравнение, полученное по экспериментальным точкам (КН=0,7);
- ◇ – экспериментальные значения  $a$  (КН=0,9); — — — регрессионное уравнение, полученное по экспериментальным точкам (КН=0,9).

Следующую тепловую характеристику, коэффициент теплопроводности, находят уже по экспериментальным значениям удельной теплоемкости и коэффициента температуропроводности на интервале температур от 100 до 400°С, принимая плотности  $\rho$  цементных клинкеров неизменными от температуры, по формуле:

$$\lambda = C_{p_{\text{исп}}} \cdot \rho \cdot a \quad (5)$$

По расчетным точкам можно составить регрессионные уравнения зависимости коэффициента теплопроводности двух образцов клинкера от температуры. Такое уравнение принимает вид:

$$\lambda = m + k \cdot T + n \cdot T^2 \quad (6)$$

где  $m$ ,  $k$  и  $n$  – коэффициенты, подобранные методом усреднения расчетных данных (табл. 2).

На рисунке 3 представлено визуальное сравнение графиков зависимости коэффициентов теплопроводности разных составов клинкеров.

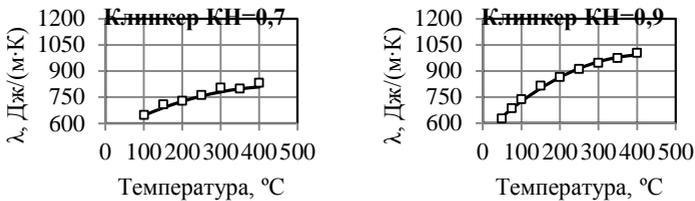


Рис. 3. Графики зависимости коэффициента теплопроводности от температуры:

□ – экспериментальные значения; — — регрессионное уравнение, полученное по экспериментальным точкам

Таблица 2 – Коэффициенты регрессионных уравнений теплоемкости, температуропроводности и теплопроводности

Уравнение	Коэффициенты					
	Клинкер КН=0,7			Клинкер КН=0,9		
$C_{p_{уст}} = a + b \cdot T + \frac{c}{T^2}$	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
	0,800	0,038	-1,300	0,9553	0,0263	-3,740
$a = x + y \cdot T$	<i>x</i>		<i>y</i>	<i>x</i>		<i>y</i>
	0,3030		0,00005	0,3884		0,00004
$\lambda = m + k \cdot T + n \cdot T^2$	<i>m</i>	<i>k</i>	<i>n</i>	<i>m</i>	<i>k</i>	<i>n</i>
	115,6	1,905	-0,0013	-233,7	3,497	-0,0025

**Выводы:** в работе были исследованы тепловые характеристики двух составов клинкеров, на основании экспериментальных данных получены зависимости теплоемкости, температуропроводности и теплопроводности от температуры. Это позволит прогнозировать параметры цемента заданного состава при каждом значении температуры.

#### Список литературы:

1. Kurt, E. Peray Cement Manufacturer's Handbook. N.Y.: Chemical Published Co., Inc. 1979.
2. Дешко Ю.И., Креймер М.Б., Огаркова Т.А. Наладка и теплотехнические испытания вращающихся печей на цементных заводах. М.: Стройиздат, 1962. 244 с.
3. Бабушкин В.И., Матвеев Г.М., Мчедлов-Петросян О.П. Термодинамика силикатов. М.: Стройиздат, 1986. 408 с.
4. Беседин, П.В. Трубаев П.А.; под общ. ред. П.В. Беседина. Исследование и оптимизация процессов в технологии цементного клинкера. Белгород: Изд-во БелГТАСМ, БИЭИ, 2004. 420 с.

## СРАВНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ПРОЕКТОВ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ДЛЯ РАЗНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН

Сухорослова В.В., студент,  
Тарасюк П.Н., аспирант,  
Власова А.А., студент,  
Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова,  
Белгородский инженерно-экономический институт*

В работе рассматриваются три климатические зоны и энергосберегающие решения для индивидуального жилищного строительства в Белгородской области сравниваются с регионами с более холодным климатом.

### Методика определения суммарных затрат на отопление

Оценка необходимой отопительной мощности проводилась согласно нормативной и технической литературе [1, 2].

Для жилого дома потери теплоты (рис. 1) происходят через стены (ограждающие конструкции), окна, подвал, крышу (потолочные перекрытия), с вентиляцией (потери на инфильтрацию).

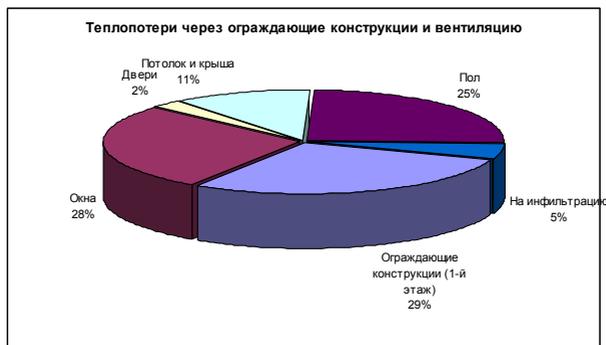


Рис. 1. Теплопотери в типовом проекте О–003–3 жилого дома ЖБК-1

В качестве суммарных затрат рассматривалась сумма на сооружение жилого дома без отделки (фундамент, стены, перекрытия, крыша, окна, двери) и затраты на систему отопления (рис. 2).



Рис. 2. Суммарные затраты на сооружение и эксплуатацию здания

Стоимость энергоносителей в  $t$ -м году  $C_t$  определялась с учетом увеличения их стоимости  $k$ .

$$C_t = C_0 (1 + k/100)^t.$$

Коэффициент  $k$  определялся по среднему изменению цен на энергоносителя за последние 8 лет и был принят 1,12 для электроэнергии, 1,17 для природного газа и 1,15 для централизованного теплоснабжения.

Суммарные затраты на строительство и отопление через  $N$  лет имели вид:

$$S = IC + \sum_{t=1}^N P_t.$$

Рассматривались условия трех регионов – г. Белгорода, г. Москвы и г. Перми. Средние температуры в отопительный период в этих города представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Средние температуры (СНИП 23-01-99)

Город	Номер месяца								Средняя температура самой холодной пятидневки
	I	II	III	IV	IX	X	XI	XII	
Белгород	-8,5	-6,4	-2,5	7,5	12,9	6,4	0,3	-4,5	-23
Москва	-10,2	-9,2	-4,3	4,4	4,3	-1,9	-7,3	4,1	-28
Пермь	-15,3	-13,4	-6,9	2,6	1,4	-6,3	-12,7	1,5	-35

### Сравнение затрат на отопления для разных климатических зон

Был произведен расчет необходимой отопительной мощности и шести конструкций одно и двухэтажных жилых домов площадью  $70 \text{ м}^2$  с соотношением длин стен 1:1; 1:1,33; 1:2 (табл. 2). Стены домов были выполнены из пенобетонных блоков, для теплоизоляции применялся пенополистирол. Перекрытия и пол выполнены из железобетонных

плит, заполнителя Izovol и дерева для отделки. Все конструкции удовлетворяли требованиям СНиП 23-02-2003.

Таблица 2 – Характеристики домов

Показатель	Один этаж			Два этажа		
	1:1	4:3	2:1	1:1	4:3	2:1
Площадь общая	70	70	70	70	70	70
Площадь ограждающих конструкций	100,5	102	106,5	142,2	143,4	150,6
Количество стен	4	4	4	4	4	4
<b>Периметр</b>	33,5	34	35,5	23,7	23,9	25,1
Высота стен	3	3	3	6	6	6

Одноэтажные дома характеризуются меньшими теплотерями, чем многоэтажные (табл. 3), что связано с разной площадью наружных стен. При этом уменьшенная площадь пола и крыши не компенсирует возросшие потери через наружные стены. Вид планов домов на потери почти не влияет.

Таблица 3 – Затраты на отопление домов разной конструкции

Отношение сторон	Потери тепла, кВт	
	Одноэтажное здание	Двухэтажное здание
1:1	6,85 (100%)	7,44 (109%)
1:1,33	6,88 (100%)	7,47 (109%)
1:2	6,98 (102%)	7,63 (111%)

Соотношение отопительной мощности (в %) для г. Белгорода, г. Москвы и г. Перми для одноэтажных и двухэтажных жилых домов – на рис. 3. Можно сделать вывод, что в средней полосе России (г. Москва, широта 55°) затраты на отопление будут в среднем на 25% больше, чем в г. Белгороде, а в континентальной части России (г. Пермь, широта 58°) – на 50% больше.

### **Затраты на отопление в домах, соответствующих современным требованиям по энергосбережению**

Зарубежный и российский опыт показывают, что обязательные строительные нормы являются лучшим стимулом для внедрения новых строительных материалов и технологий [3–5]. До недавнего времени на пути внедрения новейших энергоэффективных решений в строительстве, помимо очевидных экономических причин, имелись и препятствия, связанные с существенными недостатками законодательно-нормативной базы строительства. В изначальной

редакции СНиП II-3-79 даже отсутствовали в явном виде требования по энергопотреблению на отопление и энергетической эффективности зданий, не учитывались при выборе уровня теплозащиты объемно-планировочные параметры здания и возможность использования более эффективных отопительно-вентиляционных систем и систем теплоснабжения.

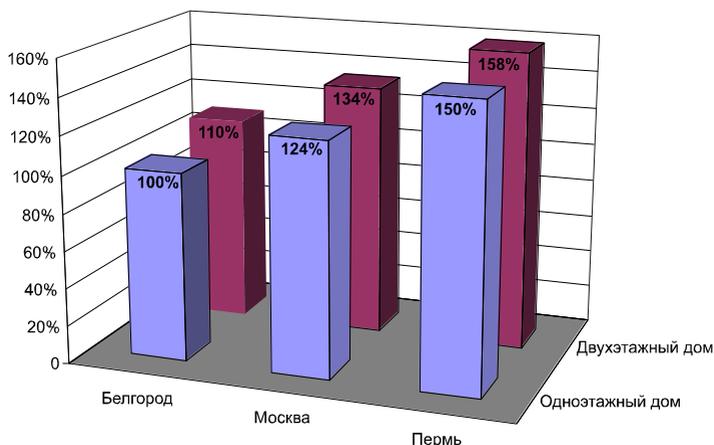


Рис. 3. Отопительная мощность индивидуальных домов для разных регионов

Поэтому в основу новых нормативов в 1995 году был положен принцип поэтапного снижения потребности в тепловой энергии на отопление зданий с тем, чтобы к началу 2000 г. снизить уровень энергопотребления строящихся и реконструируемых зданий не менее, чем на одну треть. Новой редакцией федерального СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника» от 1995 г., были установлены общероссийские нормативные требования по теплозащите зданий, повышающие требуемые значения сопротивления теплопередаче: для стен до 3,0-3,5 м<sup>2</sup>К /Вт, для окон – до 0,55-0,60 м<sup>2</sup>К/Вт, для покрытий – до 4,5-5,0 м<sup>2</sup>К /Вт. Этот документ также предусматривал двухэтапное внедрение новых нормативных требований по теплозащите зданий – с 1995 и с 2000 г., причем уровень 2000 г. соответствует уровню требований таких стран, как Швеция и Канада. Требования СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», заменившего 23-02-2003, соответствуют второму этапу. В Федеральном Законе 261-ФЗ «Об энергосбережении», принятом в 2009 г., также заложено повышение

нормативов по тепловой защите зданий каждые пять лет. Но при снижении уровня энергопотребления значительно возрастает стоимость домов.

### **Снижение энергопотребления типового проекта здания**

Для расчета оптимальной строительной конструкции выбран проект F-149-1P СК «РУССТРОЙ» (г. Белгород), так как в настоящее время он из домов, имеющих в качестве несущей стены кирпичную кладку, характеризуется минимальной стоимостью 1 м<sup>2</sup> (21,6 тыс. руб.).

В качестве энергосберегающего дома рассматривался такой, который обеспечивает минимальные суммарные затраты на сооружение и отопление через определенное количество эксплуатации.

Выборный типовой проект рассматривался для условий трех регионов России (г. Белгород, г. Москва, г. Пермь) и для разных типов отопления дома (газовое, централизованное и с помощью теплового насоса). Электрическое не брали в расчет ввиду его дороговизны. Оптимизация проекта жилого дома проводилась с целью уменьшения затрат на строительство индивидуального дома и суммарных затрат на отопление (расчетный период 30 лет). Оптимизация производилась за счет внесенных изменений в конструкцию типового проекта. Затем заново просчитывались затраты на постройку жилого дома и затраты на отопление дома. Достигнутые результаты для трех регионов показаны на рис. 4.

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод, что оптимизация достигается за счет снижения толщины строительных материалов, обладающие плохой теплоизоляцией и следовательно увеличивающие теплопотери и нагрузку на отопление, заменой их на теплоизоляционные материалы (маты минераловатные прошивные на синтетическом и крахмальном связующем, пенополистирол, пенополиуретан и пр.) достигаются высокие показатели по теплозащиты жилого дома в сравнении с типовым проектом. Так как теплоизоляционные материалы сравнительно дешевые, то снижаются не только суммарные затраты на отопление индивидуального дома, но и стоимость строительства рассматриваемого проекта.

Как видно из результатов, эффективность оптимизации теплоизоляционных конструкций дома тем выше, чем выше стоимость отопления. Возможная экономия суммарных затрат, получаемая для централизованной системе отопления в 3 раза выше, чем для газового отопления.

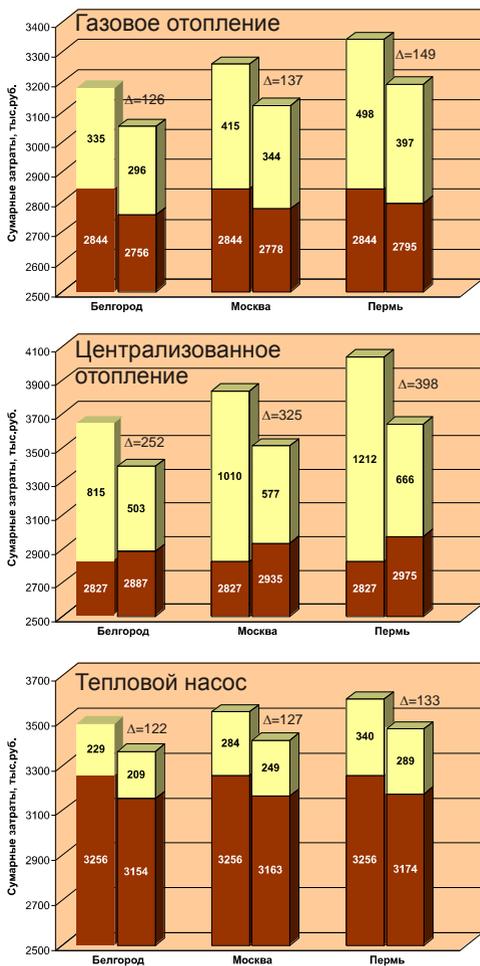


Рис. 4. Оптимизация типовых проектов

При дешевом отоплении снижение суммарных затрат достигается в основном за счет уменьшения стоимости здания за счет применения более эффективных теплоизоляционных материалов, при дорогом отоплении экономия достигается за счет увеличения стоимости здания для обеспечения меньших теплопотерь. Можно сделать вывод, что оптимизация теплопотерь в заданиях наиболее эффективна в условиях высокой стоимости энергоресурсов.

На рис. 5 приведены суммарные затраты на сооружение дома и отопления для четырех отопительных систем. Как видно из рисунка, электроотопление является самым затратным, а газовое – самым экономичным. Централизованное отопление по затратам находится между ними.

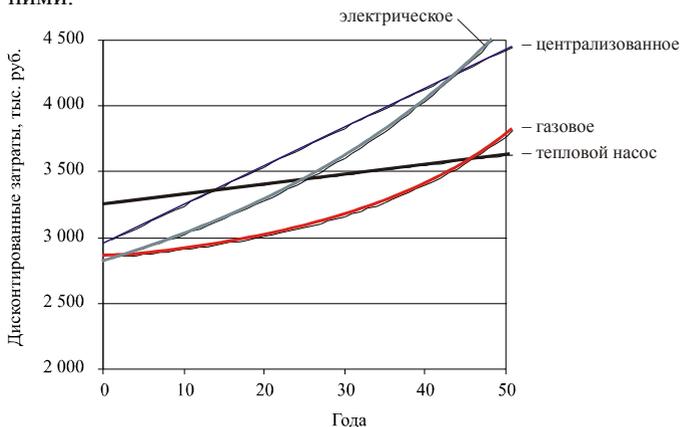


Рис. 5. Сравнение отопительных систем (на примере типового проекта F–149-1P)

Затраты на установку теплового насоса – самые большие. Но при этом он обеспечивает наименьшие затраты на отопление. Через 45 лет эксплуатации показатели отопления с теплонасосной установкой будут наилучшими из все рассматриваемых систем. Таким образом в отдаленной перспективе это наиболее эффективная система отопления. При приближении соотношения цен на природный газ и электроэнергию к средневропейским срок окупаемости теплового насоса будет значительно меньше 45 лет.

#### Список литературы:

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М., 2012. 96 с.
2. Малявина Е.Г. Теплопотери здания. М.: АВОК, 2007. 144 с.
3. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. М.: М: Авок-Пресс, 2003. 200 с.
4. Беляев В.С., Хохлова Л.П. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий. М.: Высш. шк., 1991. 255 с.
5. Ржеганек Я., Яноуш А. Снижение теплопотерь в зданиях М: Стройиздат, 1988. 168 с.

## **АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНОЙ ГОРОДСКОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ БОЛЬНИЦЫ № 1 Г. БЕЛГОРОДА**

**Тарасюк П.Н., аспирант,  
Власова А.А., студент,  
Сухорослова В.В., студент,  
Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.**

*Белгородский инженерно-экономический институт  
Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Энергосбережения невозможно без систематического учета потребления энергоносителей. На крупных объектах приборы учета часто установлены на общий ввод энергоносителей, то есть учитывают общий расход всего комплекса, а не конкретных зданий. Для объекта, имеющего здания различного типа, года постройки и назначения, а соответственно разной энергетической нагрузки необходимо определить структуру потребления энергоресурсов.

Рассмотрим методики определения структуры энергопотребления на примере МУЗ «Муниципальная городская клиническая больница № 1 г. Белгорода».

### **Анализ системы теплоснабжения**

Больница включает 17 строений 15, из которых отапливаются. Имеется два прибора учета тепловой энергии: один учитывает теплоснабжение отдельного здания, второй тепловую энергию на отопление и горячее водоснабжение.

Для определения структуры потребления теплоносителя для каждого здания были поставлены следующие задачи:

1) двукратные измерения расходов теплоносителя на вводах в тепловые пункты зданий МГКБ-1 через определенные интервалы времени;

2) тепловизионные исследования открытой части внутренней теплосети МГКБ-1 и определение участков повышенных теплопотерь.

В рамках решения перечисленных задач были выполнены следующие работы:

1) проведены первичные измерения расходов теплоносителя на вводах в тепловые пункты зданий МГКБ-1;

2) проведены повторные измерения расходов теплоносителя на вводах в тепловые пункты зданий МГКБ-1;

3) выполнены тепловизионные исследования открытой части внутренней теплосети МГКБ-1 и определены участки повышенных теплопотерь;

4) разработаны рекомендации и технические решения по повышению энергоэффективности системы отопления зданий МГКБ-1.

Вначале рассмотрим общее теплопотребление объекта в пересчете на реальные градусо-сутки отопительного периода и сравним его с нормируемыми параметрами табл. 1.

Таблица 1 – Климатические характеристики отопительных периодов

Окончание отопительного периода	Начало отопительного периода	Средняя температура, °С	Продолжительность отопительного периода, сут.	ГСОП, °·сут.	Теплопотребление на отопление, ГКал в год	
					фактическое	приведенное к нормативному ГСОП
01.05.2006	12.10.2006	-1,6	202	4369	16698,6	17574
18.05.2007	09.10.2007	1,5	222	4101	4884,0	5475,9
06.05.2008	25.09.2008	2,5	225	3943	5729,0	6680,7
28.04.2009	14.10.2009	0,2	197	3899	5555,2	6551,1
29.04.2010	06.10.2010	-0,2	206	4152	3771,1	4176,2
Нормативное значение		-1,9	209	4598	–	4268

График отопительной нагрузки рис. 1. показывает разрегулированность системы отопления.

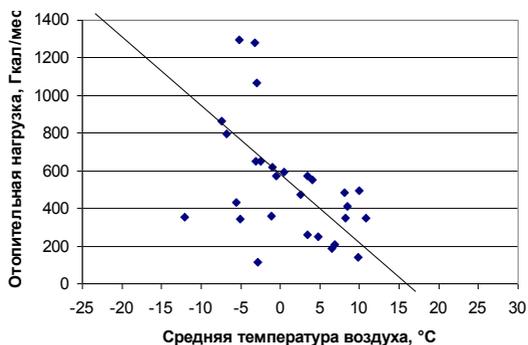


Рис. 1. График отопительной нагрузки МГКБ-1

Обследования проводились дважды 07.02.2011г. и 09.02.2011г, в процессе измерений температура атмосферного воздуха не изменялась и составляла соответственно -2°C и -1°C. Места установки измерительных сенсоров определялись в соответствии с руководством по эксплуатации расходомера.

В каждом тепловом пункте выполнялась серия из 3-х измерений с интервалами в 30 с. в одних и тех же контрольных точках. Обобщенные результаты измерений представлены в табл. 2 и рис. 2.

Таблица 2 – Теплопотребление объектов

	Наименование	Теплопотребление, инструментальные замеры						Теплопотребление расчетное (при нормативном ГСОП)			
		7 февраля		9 февраля		Среднее, %	Гкал в год	%	Гкал/м <sup>2</sup>	Гкал/м <sup>3</sup>	
		Мкал/ч	%	Мкал/ч	%						
	Административный корпус	1121,5	24,5	3,3	29,87	3,9	3,6	169	4,0	0,1507	39
	Роддом	2447,3	70,2	9,6	60,75	7,9	8,8	450	10,5	0,1839	33
	Лечебно-диагностический корпус (9 эт.)	7381,2	122,82	16,8	136,16	17,8	17,3	553	13,0	0,0749	25
	Пристроенное здание корпуса № 6 (7 эт.)	2918,5	113,25	15,5	93,6	12,2	13,9	432	10,1	0,148	32
	Терапевтический корпус	3091,5	84,24	11,5	79,2	10,3	10,9	591	13,8	0,1912	42
	Пищеблок	1092,1	40,6	5,5	47,88	6,3	5,9	209	4,9	0,1914	124
	Поликлиника №1	3292,3	58,89	8,0	83,85	11,0	9,5	440	10,3	0,1336	29
	Прачечная	622	24,8	3,4	19,18	2,5	2,9	147	3,4	0,2363	75
	Гараж	643,7	28,21	3,9	29,68	3,9	3,9	98	2,3	0,1522	
0	Хирургический корпус	9144,2	86,79	11,9	83,37	10,9	11,4	1179	27,6	0,1289	34
1	Пристройка к хир. корпусу		77,49	10,6	101,75	13,3	11,9	–	–	–	–
	<b>Всего</b>	<b>31754</b>	<b>731,8</b>	<b>100</b>	<b>765,29</b>	<b>100</b>	<b>100,0</b>	<b>4268</b>	<b>100</b>	<b>0,1344</b>	–

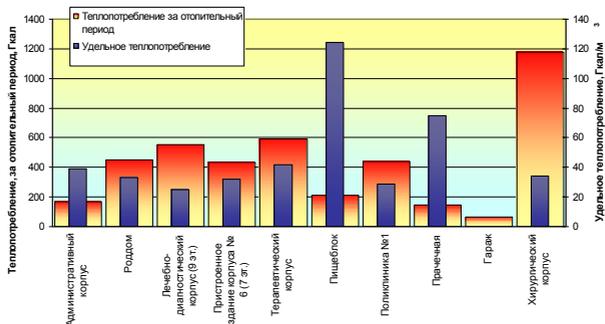


Рис. 2. Структура теплопотребления по корпусам

### Анализ системы электроснабжения

На объекте имеется три ввода подачи электроэнергии. Приборы учета электрической энергии установлены в трансформаторных подстанциях, каждый из них учитывает потребление нескольких корпусов и субабонентов.

Для определения структуры потребления по корпусам были собраны данные по имеющемуся оборудованию, оргтехнике и освещению, определен режим их работы. Полученные результаты приведены на рис. 3.

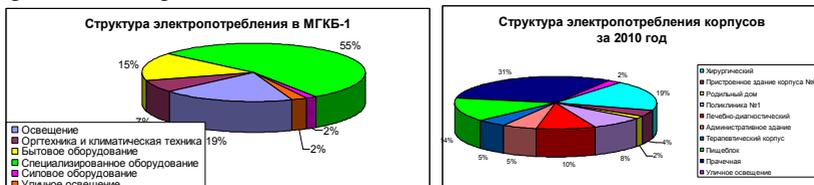


Рис. 3. Структура электропотребления

Таким образом, в результате работы была определена структура энергопотребления в больничном комплексе, что позволило выделить наиболее низкоэнергоэффективные подразделения и разработать энергосберегающие мероприятия.

### Список литературы:

1. Научно-методические принципы энергосбережения и энергоаудита / Т.Е. Троицкий-Марков, О.Н. Буданин, С.А. Михайлов, А.И. Потапов. М.: Наука, 2005. 537 с.

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ГОРОДСКОЙ БОЛЬНИЦЫ № 1**

**Тарасюк П.Н., аспирант,  
Сухорослова В.В., студент,  
Власова А.А., студент,**

**Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова,  
Белгородский инженерно-экономический институт*

При разработке энергосберегающих мероприятий необходимо обеспечить нормативные условия микроклимата в зданиях, точно определить потребленное количество энергоресурсов и их стоимость, произвести анализ потерь и принять решения об их снижении. Разработка мероприятий по энергосбережению, их техническая и экономическая оценка проводится согласно приказа Минрегионразвития РФ от 17 февраля 2010 г. № 61 «Об утверждении примерного перечня мероприятий в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, который может быть использован в целях разработки региональных, муниципальных программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности».

Однако повсеместное применение рекомендованного списка мероприятий может в конечном итоге не дать ожидаемого результата, так как каждое здание имеет различные технические, и как следствие, теплотехнические характеристики. При расчете необходимо также учитывать назначение здания и конечные планируемые параметры микроклимата. Как показала практика, при внедрении энергосберегающих мероприятий выявляется некое «критическое значение» при котором наблюдается незначительное снижение энергопотребления, но при этом резко возрастает срок окупаемости, что, в свою очередь, приводит к снижению рентабельности данного мероприятия.

### **Определение «критического значения»**

Утепление стен является высокочрезвычайно затратным мероприятием с длительным сроком окупаемости. В табл. 1 приведены варианты утепления минераловатными плитами с установкой вентилируемого фасада, и с напылением полиуретаном (мокрый фасад), являющийся в

настоящее время одним из самых дешевых способов утепления. Следует отметить, что существует критическое значение толщины теплоизоляции, после превышение, которого уменьшение теплопотерь практически не происходит. Таким образом дополнительные затраты на теплоизоляцию не приведут к энергосберегающему эффекту.

Таблица 1 – Сравнение технико-экономических показателей утепления стен

Толщина утеплителя, см		5	10	12	15
<b>Утепление стен («Мокрый фасад»), чердака и подвала</b>					
Показатели	Общая стоимость мероприятия, тыс руб	7635,02	8254,08	9285,84	9698,54
	Потребность в тепловой энергии, Гкал	255	141	152	173
	Экономический Эффект	234	540	540	332,4
	Срок окупаемости	32,63	15,29	17,2	29,18
<b>Утепление стен (Вентилируемый фасад), чердака и подвала</b>					
Показатели	Общая стоимость мероприятия, тыс руб:	9753,97	10375,10	11410,31	11824,39
	Потребность в тепловой энергии, Гкал	195	157	164	171
	Экономический Эффект	306	540	540	334,8
	Срок окупаемости	31,88	19,21	21,13	35,32

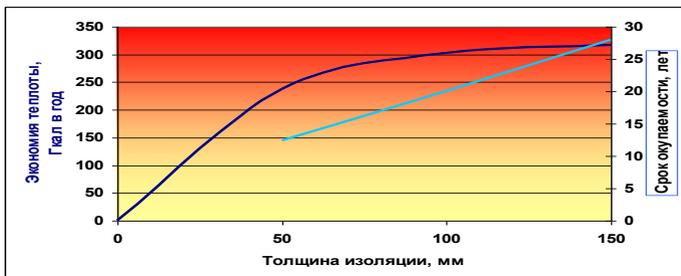


Рис. 1. Техничко-экономические показатели утепления стен

### Экономический расчет утепления ограждающих конструкций и замены окон

В таблицах 2, 3 приведен расчет эффекта однотипных мероприятий для зданий разной конструкции, года постройки и назначения, входящих в единый комплекс энергопотребления.

Таблица 2 – Пример различного эффекта однотипных мероприятий (на примере Белгородской городской больницы № 1)

Здание	Утепление чердака и подвала			Утепление стен (мокрый фасад), чердака и подвала			Утепление стен (вентилируемый фасад), чердака и подвала		
	Стоимость мероприятия, тыс руб	Экономический эффект, тыс. руб/год	Срок окупаемости, лет	Стоимость мероприятия, тыс руб	Экономический эффект, тыс. руб/год	Срок окупаемости, лет	Стоимость мероприятия, тыс руб	Экономический эффект, тыс. руб/год	Срок окупаемости, лет
Пристроенное здание корпуса № 6	1873,5	518,4	3,6	4169,1	277,2	15,2	10996,3	175,2	62,8
Поликлиника №1	4001,7	54,0	74,1	6994,4	282,0	24,8	15479,7	283,2	54,6
Родильны	2774,3	237,6	11,7	9698,5	332,4	29,2	11824,4	334,8	35,3

Здание	Утепление чердака и подвала			Утепление стен (мокрый фасад), чердака и подвала			Утепление стен (вентилируемый фасад), чердака и подвала		
	Стоимость мероприятия, тыс руб	Экономический эффект, тыс. руб/год	Срок окупаемости, лет	Стоимость мероприятия, тыс руб	Экономический эффект, тыс. руб/год	Срок окупаемости, лет	Стоимость мероприятия, тыс руб	Экономический эффект, тыс. руб/год	Срок окупаемости, лет
И дом									
Хирургический корпус	8150,3	364,8	22,3	15039,3	622,8	24,1	23784,8	624,0	38,1
Лечебно-диагностический корпус	3588,9	57,8	62,1	8584,5	135,6	63,3	13304,6	121,6	109,4
Административный корпус	3758,8	138,6	27,1	5537,1	155,5	35,6	8741,8	155,5	56,2
Терапевтический корпус	11296,8	115,7	97,7	15735,7	165,5	95,1	24387,8	129,6	188,2
Пищеблок	475,6	98,7	4,8	2217,6	51,8	42,8	3470,4	48,9	71,0
Прачечная	1082,8	92,7	11,7	3023,9	127,6	24,1	4774,0	127,6	37,4

Утепление арочных проемов приводит к увеличению температуры воздуха в прилегающих помещениях на 4–6°C.

Утепление строительных конструкций чердаков, технических этажей и подвалов позволят снизить расходы на отопление нежилых помещений здания при поддержании нормативных условий в примыкающих к ним квартирах. Изоляция чердаков выполняется из расплываемой минеральной ваты или стекловаты с минимальными

усадочными характеристиками или из плит, изготовленных из тех же материалов.

Таблица 3

Здание	Замена старых окон на пластиковые окна с двухкамерным стеклопакетом			Замена старых окон на окна с 3-х камерным стеклопакетом из стекла с твердым селективным покрытием			Наклейка энергосберегающей пленки		
	Стоимость мероприятия, тыс руб	Экономический эффект, тыс. руб/год	Срок окупаемости, лет	Стоимость мероприятия, тыс руб	Экономический эффект, тыс. руб/год	Срок окупаемости, лет	Стоимость мероприятия, тыс руб	Экономический эффект, тыс. руб/год	Срок окупаемости, лет
Пристроенное здание корпуса № 6		12	58,8	921,6	72	12,8	144,9	20,7	20,7
Поликлиника № 1	1499,4	41,4	34	1958,4	54	36,3	-	-	-
Родильный дом	1411,20	14,4	98	1843,20	42	43,9	-	-	-
Хирургический корпус	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Лечебно-диагностический корпус	384	29,91	12,8	-	-	-	380,0	25,9	14,7
Административный корпус	1516,8	9,97	152,1	-	-	-	167,3	5,982	28,0

Здание	Замена старых окон на пластиковые окна с двухкамерным стеклопакетом			Замена старых окон на окна с 3-х камерным стеклопакетом из стекла с твердым селективным покрытием			Наклейка энергосберегающей пленки		
	Стоимость мероприятия, тыс руб	Экономический эффект, тыс. руб/год	Срок окупаемости, лет	Стоимость мероприятия, тыс руб	Экономический эффект, тыс. руб/год	Срок окупаемости, лет	Стоимость мероприятия, тыс руб	Экономический эффект, тыс. руб/год	Срок окупаемости, лет
Терапевтический корпус	2227,2	40,877	54,5	-	-	-	265,65	28,913	9,2
Пищеблок	1286,4	18,943	67,9	-	-	-	27,51	13,958	2,0
Прачечная	710,4	11,964	59,4	-	-	-	41,51	8,973	4,6

Толщина слоя изоляции должна составлять от 10 до 20 см. При изоляции потолка подвалов часто используют плиты из минеральной ваты или стекловаты толщиной не менее 5 см, которые покрываются слоем алюминия, служащего для защиты от влаги и механических повреждений.

Данное мероприятие относится к числу затратных, со сроком окупаемости более 5 лет.

Замена старых оконных и балконных блоков на новые «стеклопакеты» позволит существенно снизить потери тепла и избыточную инфильтрацию. Кроме того, существенно повысится звукоизоляция помещений. Оконные рамы и балконные двери изготавливаются из натуральной древесины хвойных пород, алюминия или ПВХ. Остекление может быть двух и трехслойное. Толщина стекол должна составлять не менее не менее 4 мм. Все стыки остекления и рам необходимо герметизировать. Створки должны комплектоваться встроенной системой зимнего проветривания.

Установка на окнах низкоэмиссионных стекол или теплоотражающих пленок позволяет отражать обратно, в помещение, инфракрасное излучение, генерируемое системой отопления и

жильцами, а также солнечное излучение, отраженное от стен и предметов в помещениях. За счет этого потери тепла через окна значительно уменьшаются. Теплоотражающие пленки располагаются на внешней стороне внутреннего стекла. Непосредственно перед установкой пленку разогревают, а затем за счет эффекта термоусадки она приобретает необходимое натяжение. После установки пленки температура в помещении поднимается на несколько градусов. Низкоэмиссионное остекление может производиться в виде замены внутреннего стекла или в виде установки дополнительной рамы (между существующими рамами или со стороны комнаты). Толщина стекла составляет не менее 4 мм.

Стоимость 1 м<sup>2</sup> пленки NTBIR 8070 с учетом монтажа: 400 руб. Данное мероприятие будет относиться к высокозатратным, со сроком окупаемости более 5 лет.

Из таблиц видно, что одни и те же мероприятия на разных зданиях имеют разный срок окупаемости, а следовательно применение рекомендуемых законодательством мероприятий не принесет ожидаемого эффекта. Для грамотного применения энергосберегающих технологий необходимо комплексная оценка внедрения мероприятия.

#### **Список литературы:**

1. Научно-методические принципы энергосбережения и энергоаудита / Т.Е. Троицкий-Марков, О.Н. Буданин, С.А. Михайлов, А.И. Потапов. М.: Наука, 2005. 537 с.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доц.,**

**Астахов А.И., студент**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

В современном мире человечество имеет большое разнообразие изобретений, работающих на энергии. В связи с этим требуется ее больше и больше.

В настоящий момент в России существует дефицит энергетических мощностей. Не исключением является и Белгородская область, которая на собственных генерирующих установках вырабатывает не более 10% электроэнергии, остальной объем покупает на оптовом рынке у производителей из других регионов. Для того чтобы доставить эту электроэнергию потребителям, необходимы тысячи километров линий электропередачи, сотни подстанций. Поэтому ныне перед учеными стоит проблема нахождения и разработки новых альтернативных источников энергии.

Перспективными являются электростанции, работающие на нетрадиционных источниках энергии.

Учитывая природные и климатические особенности Белгородской области, на ее территории можно использовать далеко не все виды альтернативных источники энергии. Основные из них, которые можно использовать в условиях Белгородской области, такие как солнечная и ветряная энергия, биотопливо.

Солнечная электростанция – инженерное сооружение, служащее преобразованию солнечной радиации в электрическую энергию. Способы преобразования солнечной радиации различны и зависят от конструкции электростанции.

Использование солнечной энергии, исходя из среднегодовой продолжительности солнечного сияния, составляющей 1800 часов в год, имеет смысл в том случае, если использовать этот способ выработки энергии в сочетании с другими способами получения энергии.

В настоящее время солнечная электростанция, находящаяся в Яковлевском районе Белгородской области на хуторе Крапивенские дворы, является крупнейшей российского масштаба.

Номинальная пиковая мощность электростанции – 100 кВт. Она представляет значительный научный интерес и является одним из перспективных направлений развития альтернативной энергетики в Белгородской области.

За три года электростанция выработала более 288 тысяч киловатт-часов электроэнергии, предотвратив тем самым выброс более 200 тонн углекислого газа, вызывающего парниковый эффект. Именно такое количество CO<sub>2</sub> попало бы в атмосферу при производстве аналогичного объема электроэнергии традиционными способами. При этом энергообъектом можно управлять на расстоянии с помощью специального оборудования, не требуя дежурства специалистов на электростанции.



Солнечная электростанция в Яковлевском районе

К плюсам следует отнести: экономия на традиционном сырье, поддержание экологического равновесия в данном районе области. К минусам: низкая номинальная пиковая мощность (всего 100 кВт), да и стоимость 1 кВт солнечной энергии будет выше, чем 1кВт, полученного при традиционных условиях.

Другим перспективным направлением использования альтернативных источников энергии является создание биогазовых

установок возле многочисленных агропромышленных комплексов Белгородской области.

Биогазовая установка – устройство, осуществляющее переработку органических отходов в биогаз и органические удобрения. Биогазовая станция – более широкое понятие, оно включает комплекс инженерных сооружений, состоящий из устройств для подготовки сырья, производства биогаза и удобрений, очистки и хранения биогаза, производства электроэнергии и тепла.

Применение биогазовой установки позволяет решить проблему переработки органических отходов. В качестве сырья для переработки используются отходы животноводства.

Строительство биогазовой установки компанией ООО «АльтЭнерго» было начато в октябре 2010 года в селе Лучки Прохоровского района. В марте 2012 года на станции был запущен производственный цикл. Выход на проектную мощность 2,4 МВт состоялся в июле 2012 года.



с. Лучки, Прохоровский район

Технико-экономические показатели:

Установленная мощность 2,4 МВт электроэнергии

Выработка электроэнергии 19,6 млн кВт/ч в год

Выработка тепловой энергии 18,2 тыс. Гкал. в год

Производство 66,8 тыс. тонн удобрений в год

Переработка сырья - 73400 тонн в год.

Биогазовая установка это:

Надежная и экономически выгодная альтернатива магистральному природному газу и централизованному электроснабжению.

Получение нескольких видов энергоресурсов: электроэнергия, тепло, газ, моторное топливо.

Решение проблем утилизации органических отходов с разделением их на биоорганический сток и органоминеральные удобрения с высоким содержанием азота, фосфора, калия – залог высоких урожаев.

Независимость от растущих тарифов и возможных сбоев в поставках газа и электроэнергии.

Использование ветровой энергии по большей части Белгородской области также является целесообразным.

Ветрогенератор (ветроэлектрическая установка или сокращенно ВЭУ) – устройство для преобразования кинетической энергии ветра в электрическую.

Принцип действия ветрогенераторов заключается в преобразовании кинетической энергии ветра в электрическую. Ветер раскручивает лопасти ветряка, приводя в движение вал электрогенератора. Генератор в свою очередь вырабатывает электрическую энергию, которая подается на контроллер, где преобразуется до нормативных показателей частоты и напряжения. Основное отличие от традиционных тепловых и атомных источников энергии заключается в полном отсутствии, какого бы то ни было сырья и отходов.

Ветрогенераторы установлены в Яковлевском районе Белгородской области. Ветровой режим района, на территории которого построен объект, характеризуется преобладанием юго-западного (декабрь-февраль) и северо-восточного (июнь-август) направления ветра. Среднегодовая скорость ветра – 4,8 м/сек.



Белгородская область, Яковлевский район

Пять ветроустановок мощностью 20 кВт каждая начинают работать при скорости ветра 2,5 м/с, оптимальная скорость для них для них – 11,5 м/с, максимальная – 26 м/с. На каждой ветроустановке установлены датчики силы ветра (анемометры) и направления (анемоскопы). Когда ветер достигает 2,5 м/с, включается принудительный разгон лопастей. Двигатель помогает установке раскрутиться, а затем ветряк «пускается в свободное плавание». При скорости 3,5 м/с реагирует датчик генерации, и начинается выдача электроэнергии. Если сила ветра снижается, «умный» механизм останавливает установку. При ветре больше 18 м/с установка разворачивает лопасти параллельно направлению ветра и прекращает вращение.

Технико-экономические показатели

Номинальная пиковая мощность – 100 кВт (номинальная мощность 1 генератора - 20 кВт)

Высота мачты: 18 м

Размах лопастей: 10 м

Стартовая скорость ветра: 2,5 м/с

Рабочая скорость ветра: 3,5 - 26 м/с

Оптимальная скорость ветра: 11,5 м/с

Номинальная скорость вращения лопастей турбины: 90 об/мин  
Номинальное напряжение: 380 +/- 10% В  
Рабочий диапазон частоты: 50 +/- 1 Гц  
Система наветривания - автоматическая  
Механизм наветривания - гидросистема

Основные плюсы: нет нужды в сырье(соответственно нет отходов и проблем в их утилизации) , экологически чистая установка.

Минусы: зависимость от скорости ветра.

Таким образом, выработка электрической и тепловой энергии на основе биогазовых технологий, а также использование солнечной энергии и энергии ветра для выработки электроэнергии – один из самых востребованных и перспективных направлений в энергетическом комплексе Белгородской области.

#### **Список литературы:**

1. Татауров О.Л. Альтернативная энергетика, установки альтернативной энергии // Просвещение. 2008. 208 с.
2. Официальный сайт ООО АльтЭнерго [http:// www.altenergo.org](http://www.altenergo.org)
3. Официальный сайт ОАО «Первая сбытовая компания»  
[http:// www.pskenergo.ru](http://www.pskenergo.ru)

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЭРАТОРОВ В СИСТЕМЕ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ

**Тихомирова Т.И., канд. техн. наук, доц.,  
Кожевников В.П., канд. техн. наук, проф.,  
Рассолов Н.В., студент**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Почему все большее количество потребителей идет по пути экономии воды? Если раньше мы могли спокойно бросить работающий кран и отвлечься на телефонный разговор или какие-то другие дела, то сейчас, мы предпочитаем сначала закрыть смеситель, а потом уже выходить в другую комнату. Общеизвестно, что времена дешевых коммунальных услуг давно прошли. В наши дни оплата воды, газа, электричества ощутима для любого кошелька. Экономия расхода воды означает не только рациональный подход к ее использованию, но и отличный способ сократить размер коммунальных платежей.

И все-таки – как экономить воду? Какие способы экономии воды самые эффективные? Данный вопрос волнует сегодня многих жильцов, как домов, так и квартир Белгородского региона. Большинство из нас уже поняли, насколько накладно оплачивать воду по нормативам потребления, рассчитанным коммунальными службами. В настоящее время существуют системы экономии воды, применение которых способно существенно снизить коммунальные расходы. Наиболее часто используемые – счетчики водопотребления, наиболее эффективные – регуляторы и аэраторы водопотребления.

Проведение мероприятий по экономии воды в виде установки регуляторов отнюдь не означает введения жестких ограничений на пользование водой и появления каких-то бытовых неудобств. Подобные технические пути экономии воды обеспечивают поддержание оптимального напора в душе или смесителе. Это высокоэффективные меры, применяемые во всем цивилизованном мире.

Наиболее эффективным способом в системе водоснабжения является установка такого прибора, как аэратор. После появления данного устройства существенно повышается степень экономии воды в быту, так как снижение напора уменьшает расход, обеспечивая его оптимальный уровень, достаточный для бытовых нужд.

Приблизительный расчет количества воды, требуемого для человека, включает в себя две нормы. Хозяйственно-бытовая

потребность подразумевает минимальное количество воды, необходимое для проживания в современном доме, и составляет примерно 75 л/сутки. Этот показатель включает в себя расходы на питьевые нужды, приготовление пищи, мытье посуды, умывание и чистку зубов, принятие душа и ванны, стирку, использование сливного бачка и влажную уборку. Социальная потребность включает в себя этот же перечень, но подразумевает более комфортный, хоть и не расточительный уровень потребления, и составляет порядка 111 л/сут на человека.

При этом нормы, устанавливаемые коммунальными предприятиями для централизованного водопровода, намного выше: 180-450 л/сутки (5,5-12,17 м<sup>3</sup>/месяц) на человека в зависимости от города.

Эти нормы учитывают все возможные потери и зачастую превосходят нормативную пропускную способность водопроводов. Средний же уровень норм по стране – 9 м<sup>3</sup>/месяц, или 300 л/сутки.

Отсюда следует сделать вывод, что установка аэраторов является наиболее целесообразным путем решения данной проблемы.

Конкретным примером, подтверждающим данную теорию, служит применение аэраторов в Ракитянском районе нашей области (табл. 1).

В систему водообеспечения Ракитянского района входит подъем подземной воды из скважины и далее к населенному пункту с помощью станций 2-го и 3-го подъема, емкости для подземных вод (резервуары на станциях подъема и водонапорные башни), станции водоочистки (в частности станции обезжелезивания) и водопроводные сети.

Подъем воды из артезианских скважин производится также глубинными насосами ЭЦВ.

Очистка воды производится на станциях обезжелезивания п. Ракитное и п. Пролетарский, общей мощностью 5,5 тыс. куб. м в сутки.

В 2011 году среднее водопотребление по району составляло 153 л/сут на человека. Сегодня среднее водопотребление по району составляет 123 л/сут на человека. И это при условии, что аэраторы были поставлены лишь в нескольких муниципальных образованиях района!

Сегодня в районе продолжается внедрение данной технологии в рамках работы программы по энергосбережению и повышению энергоэффективности.

Снизив водопотребление, будет расходоваться меньшее количество энергии на подъем воды из скважин и транспортировку по водопроводу, а также очистку воды, что в свою очередь, снизит затраты электроэнергии.

Таблица 1

Водопотребление воды по Ракитянскому району после установки  
аэраторов

№ № п/п	Наименование субъекта	Количество населения, тыс. человек	Объем потребления воды в расчете на человека, литр на человека в сутки	Водопотребле ние, литров в сутки
11	Пос. Ракитное	10,229	136	1391,14
12	Пос. Пролетарский	9,406	10	1100,23

Таким образом, применение аэраторов является целесообразным и необходимым способом на пути решения проблем энергосбережения в системе водоснабжения Белгородской области.

**Список литературы:**

1. Староверов С.В., Киреев В.М. Водоснабжение промышленных предприятий. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. 94 с.
2. Безенов В.В., Масленников Н.А., Постников И.С. Механические аэраторы. М., 1958. С. 16-18.

# АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Ткаченко А., студент,  
Виноградов А.А., канд. техн. наук, проф.  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

## Введение

Белгородская область расположена в юго-западной части России в 500–700 км к югу от Москвы, на границе с Украиной. Площадь области составляет 27,1 тыс. км<sup>2</sup>, протяжённость с севера на юг – около 190 км, с запада на восток – около 270 км. Область расположена на юго-западных и южных склонах Среднерусской возвышенности в бассейнах рек Днепра и Дона, в лесостепной зоне на приподнятой всхолмлённой равнине со средней высотой над уровнем моря 200 м. Самая высокая точка 277 м над уровнем моря находится в Прохоровском районе. Самая низкая в днище долин рек Оскола и Северского Донца. Климат умеренно континентальный, с довольно мягкой зимой со снегопадами и оттепелями и продолжительным летом.

## I. Общая информация по ветрогенераторам

Ветрогенератор (ветроэлектрическая установка или сокращенно ВЭУ) – устройство для преобразования кинетической энергии ветра в электрическую.

Ветрогенераторы можно разделить на две категории: промышленные и домашние (для частного использования). Промышленные устанавливаются государством или крупными энергетическими корпорациями. Как правило, их объединяют в сети, в результате получается ветряная электростанция. Её основное отличие от традиционных (тепловых, атомных) – полное отсутствие как сырья, так и отходов. Единственное важное требование для ВЭС – высокий среднегодовой уровень ветра.

Устройство промышленной ветряной установки представлено на рисунке 1.

## Классификация ветрогенераторов

Существуют два основных типа ветрогенераторов: с вертикальной осью вращения и с горизонтальной. Эффективность ветрогенераторов с горизонтальной осью вращения выше, чем ветрогенераторов с вертикальной осью вращения.

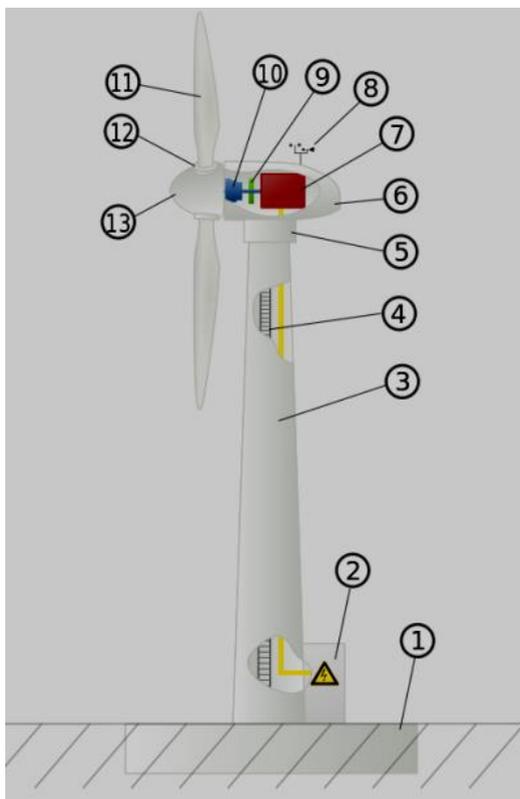


Рис. 1. Устройство промышленной ветряной установки:

- 1 – Фундамент; 2 – Силовой шкаф, включающий силовые контакторы и цепи управления; 3 – Башня; 4 – Лестница; 5 – Поворотный механизм; 6 – Гондола; 7 – Электрический генератор; 8 – Система слежения за направлением и скоростью ветра (анемометр); 9 – Тормозная система; 10 – Трансмиссия; 11 – Лопасти; 12 – Система изменения угла атаки лопасти; 13 – Колпак ротора

**Вертикальный ветрогенератор** – это ветроэлектрическая установка (ВЭУ) с вертикальным размещением ротора, предназначенная для преобразования кинетической энергии ветра в электрическую. Вертикальные ветрогенераторы можно устанавливать в городских условиях, так как направление ветра для них не имеет принципиального значения. Лопасти турбины вертикального

ветрогенератора – длинные, обычно дугообразные, прикреплены к верхней и нижней частям башни. Ветроустановки при работе используют эффект возникновения подъемной силы, действующей на лопасти ветротурбины, которая в свою очередь вращает генератор, вырабатывающий электроэнергию. Из-за переменного характера ветра, частота и выходное напряжение генератора также нестабильно, поэтому невозможно организовать питание потребителей напрямую от ВЭУ, для этого устанавливается дополнительное оборудование – инвертор. Вертикальные ветрогенераторы не требуют ориентации на ветер: благодаря вертикальному расположению ведущего вала ротора, Н-образные турбины, в отличие от турбин с горизонтальной осью вращения, «захватывают» ветер, дующий в любом направлении, и для этого им не нужно менять положение ротора при изменении направления ветровых потоков. Для нормального функционирования ветрогенератору требуется зона с постоянной высокой активностью ветра. При расчете рентабельности установки крупных ветрогенераторов рассчитывается среднегодовая активность ветра, что позволяет с высокой точностью определить количество производимой энергии. Вертикальный ветрогенератор стартует уже при скорости ветра от 1,5 м/с, и вырабатываемая мощность практически равна номинальной при скорости ветра уже 6–8 м/с. Кроме того, в общем случае у таких установок значительно ниже вибрация по сравнению с горизонтально-осевыми ВЭУ такой же мощности. Особенно эффективными ветрогенераторы с вертикальной осью вращения показали себя в областях с переменным ветром.

Строение установки на основе вертикального ветрогенератора: Вертикальные ветрогенераторы могут работать автономно, то есть без подключения к общей электрической сети. Вертикальные ВЭУ стали отличными помощниками людей живущих на дачах, в частных домах или коттеджах. Они имеют приятный внешний вид, являются достаточно компактными и удобными в использовании, бесперебойно работают. Эти устройства гармонично вписываются в загородный пейзаж, не принося никакого вреда хозяевам, окружающей природе и ландшафтному дизайну.

Существует различие вертикальных ветрогенераторов по типам роторов: ортогональный ротор; ротор Савониуса; ротор Дарье; геликоидный ротор; многолопастной ротор с направляющим аппаратом.



Рис. 2.

1. Ветрогенераторная установка (генератор, лопасти, мачта).
2. Контроллер заряда аккумуляторов.
3. Аккумуляторные батареи (АКБ).
4. Инвертор (чистая синусоида 220В, 50Гц, 24В)
5. Сеть

**Ортогональные вертикальные ветрогенераторы** имеют вертикальную ось вращения и несколько параллельных ей лопастей, удаленных от нее на определенное расстояние.



Рис. 3. Ортогональные вертикальные ветрогенераторы

Достоинствами ортогональных ветрогенераторов являются:

- отсутствие необходимости использовать в их конструкции направляющие механизмы, так как работа этих установок не зависит от направления ветра;
- за счет вертикально расположенного главного вала, приводное оборудование может быть расположено на уровне земли, что значительно упрощает его эксплуатацию.

Недостатками этих установок являются:

- более низкие сроки службы опорных узлов, за счет более высоких динамических нагрузок на них со стороны ротора ВЭУ, т.к. при вращении ротора, подъемная сила от каждой лопасти меняет свое направление на  $360^\circ$ , что создает дополнительные динамические нагрузки;
- лопастная система ортогональных установок является более массивной по сравнению с эквивалентными по мощности горизонтально-осевыми установками;
- эффективность работы лопастной системы ортогональных установок является более низкой по сравнению с горизонтально-осевыми, т.к. в процессе одного оборота ротора, углы атаки потока ветра на лопасть меняются в широких диапазонах.

### **Ветрогенераторы с ротором Савониуса**

В качестве лопастей в роторе Савониуса используются два или несколько полуцилиндров.



Рис. 4. Вертикальный ветрогенератор с ротором Савониуса

Достоинства ветрогенераторов с ротором Савониуса: для ротора Савониуса характерны высокие пусковые крутящие моменты, работа при относительно низких скоростях и относительно высокая технологичность его производства.

Недостатками ветрогенераторов с ротором Савониуса являются:

- более низкая эффективность работы лопастной системы, по сравнению с горизонтально-осевыми ВЭУ;
- относительно высокая материалоемкость.

В настоящее время ветрогенераторы с ротором Савониуса выпускаются в диапазоне мощностей до 5 кВт. Ротор Савониуса, так же, часто комбинируют с ротором Дарье, для обеспечения более высоких пусковых моментов ротора Дарье.

### **Ветрогенераторы с ротором Дарье**

Ветрогенераторы с ротором Дарье имеют вертикальную ось вращения и две или три лопасти, представляющие собой плоскую полосу, не имеющую характерного аэродинамического профиля.



Рис. 5. Вертикальный ветрогенератор с ротором Дарье

Достоинствами ветрогенератора с ротором Дарье являются:

- отсутствие системы ориентации на ветер;
- технологическая простота изготовления лопастей;
- возможность размещения приводного оборудования на уровне земли, что значительно упрощает его техническое обслуживание.

Недостатками ветрогенератора с ротором Дарье являются:

- относительно низкая эффективность работы лопастной системы, по сравнению с горизонтально-осевыми ВЭУ;
- более низкие сроки службы опорных узлов, за счет более высоких динамических нагрузок на них со стороны ротора, т.к. при его вращении, подъемная сила от каждой лопасти меняет свое направление на  $360^\circ$ , что создает дополнительные динамические нагрузки;
- двухлопастные ветрогенераторы с ротором Дарье, при равномерном набегающем потоке не могут запускаться самостоятельно.

### **Ветрогенераторы с геликоидным ротором**

Геликоидный ротор или Ротор Горлова является модификацией ортогонального ротора. За счет закрутки лопастей, вращение ротора является более равномерным, что значительно снижает динамические нагрузки на опорные узлы и, тем самым, увеличивает их срок службы, по сравнению с опорными узлами ортогональных роторов, однако, технология производства закрученных лопастей значительно усложняется, что сказывается на увеличении их стоимости.



Рис. 6. Вертикальный ветрогенератор с геликоидным ротором

### **Ветрогенераторы многолопастные**

Ветрогенераторы многолопастные с направляющим аппаратом являются модификацией ортогонального ротора. Они имеют два ряда лопастей, первый ряд является неподвижным. Он представляет собой направляющий аппарат, назначением которого является захват ветрового потока, его сжатие с увеличением скорости, и подача потока

ветра под оптимальным углом атаки на второй ряд лопастей, представляющих собой вращающийся ротор. Достоинством этого типа ротора является его более высокая эффективность работы по сравнению с другими вертикальными ветрогенераторами и работа при низких скоростях ветра. Недостатком этого ротора является его более высокая стоимость за счет использования большого количества профилированных лопастей.



Рис. 7. Вертикальный ветрогенератор многолопастный

**Горизонтально-осевые ВЭУ** (горизонтальные ветрогенераторы), в зависимости от количества лопастей можно разделить на одно-, двух-, трех- и многолопастные.

Основным недостатком горизонтально-осевых ветрогенераторов является необходимость ориентации ротора на ветер, что требует внедрения дополнительных механизмов или способов ориентации.

Основным достоинством ветрогенераторов с горизонтальным ротором является их более высокая эффективность работы, за счет меньшего разброса углов атаки на рабочих режимах, а так же, за счет возможности у отдельных ВЭУ управлять углом установки лопастей. Ветроагрегаты горизонтально-осевых ВЭУ, по сравнению с вертикально-осевыми, имеют более низкие массогабаритные параметры, при прочих равных условиях.

### **Однолопастные ветрогенераторы**

Однолопастные ветрогенераторы имеют одну лопасть и противовес, выполняющий роль балансирующего механизма. Достоинством однолопастных роторов, по сравнению с многолопастными, является их более высокая скорость вращения за счет более низкого момента инерции. Это позволяет использовать в их схеме прямоприводные синхронные электрогенераторы, рассчитанные

на более высокие обороты вращения, и как следствие, имеющие меньшие массогабаритные размеры. Кроме этого, ротор этой конструкции имеет более низкую стоимость за счет уменьшения числа лопастей.



Однолопастные ВЭУ, модель ВЭУ-1/3 (1 кВт), ВЭУ-5/5 (5 кВт), ООО «Электроветер»

Рис. 8. Горизонтальный однолопастный ветрогенератор

### **Двухлопастные ветрогенераторы**

В сравнении с ВЭУ с количеством лопастей три и более, двухлопастные (Рис. 9.) имеют те же преимущества, что и однолопастные. Еще одним безусловным достоинством этих ветрогенераторов является уравновешенность ротора при любом угловом положении лопастей, за счет четного их количества. Это их достоинство нашло применение в самоподъемных ветрогенераторах малого и среднего диапазона мощностей. При подъеме с земли или опускании на землю самоподъемных двухлопастных ветрогенераторов, плоскость их ротора, при любом угловом положении лопастей будет стремиться занять горизонтальное положение, что значительно упрощает технологию процесса подъема или опускания этих ВЭУ.



Двухлопастная ВЭУ, модель Gev MP, мощностью 275 кВт, Vergnet S.A.

Рис. 9. Горизонтальный двухлопастный ветрогенератор

### Трехлопастные ветрогенераторы

Трехлопастные горизонтально-осевые ВЭУ являются наиболее распространенными из предлагаемых на рынке ветряков.



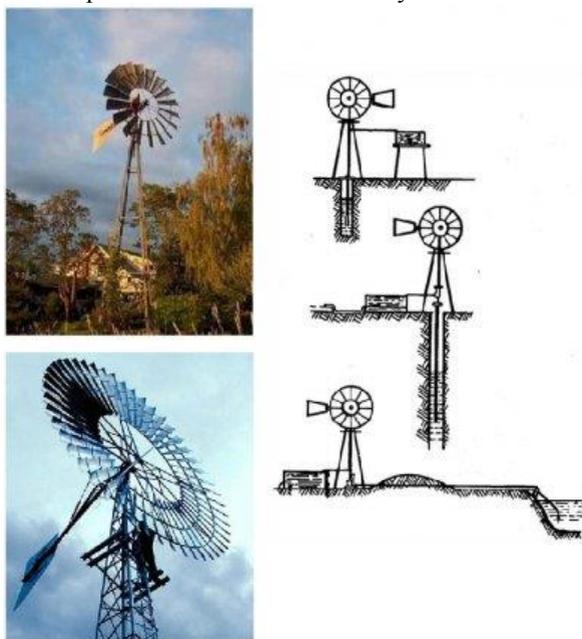
Трехлопастная ВЭУ, модель Enercon E-126, номинальной мощностью 7 МВт, Enercon GmbH

Рис. 10. Горизонтальный трехлопастный ветрогенератор

Их номинальная мощность составляет от нескольких ватт до 7 МВт. Все ветроэнергетическое оборудование большой мощности (от 500 кВт и выше) представляют трехлопастные горизонтально-осевые ветрогенераторы. На сегодняшний день, ветроустановкой, имеющей самую большую номинальную мощность, является трехлопастная Enercon E-126, номинальной мощностью 7 МВт.

### Многолопастные ветрогенераторы

Многолопастные ВЭУ имеют большое количество лопастей, которое у некоторых моделей может достигать 50 единиц. Ротор этих ветрогенераторов имеет большой момент инерции, вследствие чего, имеет более низкие скорости вращения, но при этом, развивает более высокий крутящий момент. Эта их особенность является достоинством при работе в ветронасосных системах, именно в этой области промышленного применения они заняли нишу.



Многолопастные ВЭУ, ветронасосные установки

Рис. 11. Горизонтальный многолопастный ветрогенератор

## II. Анализ погодных условий Белгородской области по районам.

Для анализа погодных условий использовались малые метеорологические комплексы МК-26.

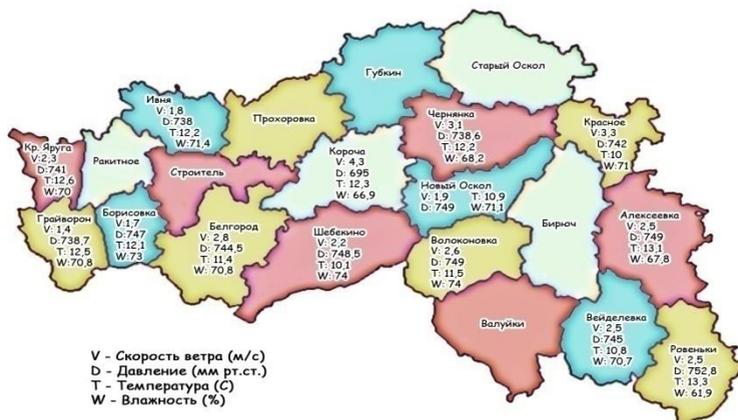


Рис. 12. Среднегодовые данные по погодным условиям в Белгородской области за 2012-2013 гг.

### Выводы

Для Белгородской области присущи небольшие скорости ветра. Специально для такой местности подходят виды ортогональных ветрогенераторов. Такие ветрогенераторы обладают малой начальной скоростью (1,5м/с) и малой номинальной скоростью, за счет своей конструкции игнорируют направление ветра. Ортогональные ветрогенераторы найдут свое применение на всей территории Белгородской области.

Из всех районов области выбивается своей Корочанский район. В связи с его геопозицией ветра там самые высокие. Именно поэтому там было бы рационально использовать ветрогенераторы большей мощности. Отличным решением будут горизонтальные трехлопастные ветрогенераторы.

## СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ДАЛЬНИЕ РАССТОЯНИЯ

**Фурманов В.М., студент,  
Виноградов А.А., канд. техн. наук, проф.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Электроэнергетические системы во всех странах мира, в том числе и в России, развивались и продолжают развиваться от изолированных локальных систем, питающих местные нагрузки, к мощным энергообъединениям, связывающим концентрированные и распределенные источники электроэнергии и потребителей в сеть переменного тока. На определенном этапе, в силу ряда технико-экономических преимуществ, появились передачи постоянного тока.

Преимущества объединения электроэнергетических систем (ЭЭС), а также необходимость передачи электроэнергии от удаленных источников к центрам электропотребления привели к появлению дальних электропередач (ДЭП). Объединение энергосистем на параллельную работу объективно обусловлено рядом причин, среди которых главными являются:

1. Возможность взаимного резервирования, что приводит к повышению надежности энергоснабжения. При этом резервная мощность в объединенной энергосистеме (ОЭС) меньше, чем их сумма в разрозненных энергосистемах.

2. Обеспечение транспорта электрической энергии вместо транспорта топлива по железной дороге, нефте- и газопроводам, что в ряде случаев оказывается экономически более оправданным [1].

3. Суммарная установленная мощность в ОЭС может быть существенно меньше, чем сумма максимумов электропотребления в отдельных ЭЭС.

4. Снижение суммарных затрат на выработку и передачу электроэнергии за счет экономического распределения нагрузки между параллельно работающими электростанциями.

Растущий интерес в ряде стран мира к проблеме транспорта больших потоков мощности на сверхдальние расстояния 2000–4000 км определяется возможностью создания источников дешевой электроэнергии, удаленных от центров нагрузки. Так, в Центральной Африке рассматривается сооружение комплекса ГЭС общей мощностью

свыше 50 ГВт с передачей части мощности в Южно-Африканскую Республику на расстояние порядка 3000 км. В Бразилии на притоках Амазонки возможно создание нескольких ГЭС суммарной мощностью, достигающей 50 ГВт, с необходимостью ее выдачи в промышленно-развитые районы на расстояния 2000–2500 км. В Юго-Западной части Китая планируется сооружение ряда крупных ГЭС общей мощностью свыше 30 ГВт с осуществлением ее выдачи в дефицитные восточные районы на расстояния порядка 3000 км. Особый интерес к проблеме сверхдальнего транспорта электроэнергии существует в России.

При формировании ЕЭС России важное место занимает задача усиления электрических связей между ее европейской и азиатской секциями. В Энергетической Стратегии России на период до 2020 года необходимо развитие межсистемных электропередач (ЭП) 500–1150 кВ для повышения эффективности и надежности параллельной работы ОЭС Сибири с энергосистемами Европейской части ЕЭС (ЕЕЭС) является одной из стратегических задач электроэнергетики. При развитии ЕЕЭС России приходится преодолевать значительный дефицит собственных энергоресурсов, ограниченность маневренных мощностей, а также изношенность оборудования. В то же время в Сибири существуют значительные потенциальные возможности по созданию избытков электроэнергии, которые могут быть привлечены в ЕЕЭС. Речь идет о сооружении ГРЭС на канско-ачинских углях с использованием экологически чистых технологий, строительстве новых ГЭС на Енисее, а также создании КЭС в Тюменском регионе с использованием низконапорного газа, остающегося в вырабатываемых месторождениях. Привлечение электроэнергии из Сибири в ЕЕЭС наряду с сооружением здесь АЭС и ТЭС будет обеспечивать комплексный характер развития ЕЭС [2].

Другой путь повышения эффективности работы ЕЭС России заключается в привлечении неиспользуемых мощностей ГЭС Сибири для решения проблемы маневренных мощностей в ЕЕЭС. Суточный режим электропотребления в ЕЕЭС отличается значительной неравномерностью при сравнительно малой доле ГЭС, что делает проблему покрытия переменной части графика нагрузки исключительно острой. Что касается Сибири, то, с одной стороны, режим её электропотребления отличается высокой плотностью суточного графика нагрузки, а с другой стороны, доля ГЭС в структуре генерирующих мощностей составляет почти 50%, что обуславливает наличие значительной неиспользуемой мощности ГЭС. Поэтому целесообразно создание маневренной электропередачи, с помощью которой в период

дневного и вечернего максимумов в ЕЕЭС привлекается мощность сибирских ГЭС. При прохождении дневного и ночного провалов в ЕЕЭС полученная электроэнергия будет возвращаться по этой же связи в ОЭС Сибири, и за счет соответствующей разгрузки агрегатов ГЭС будет скомпенсирован расход воды, который потребовался для выработки электроэнергии, переданной в ЕЕЭС. Такое решение проблемы маневренных мощностей позволяет снизить потребность во вводе ГАЭС, намечаемых в ЕЕЭС в связи с планируемым сооружением АЭС нового поколения. Необходимо также иметь в виду имеющиеся возможности экспорта электроэнергии из России. При современном уровне развития техники передачи электроэнергии проблема сверхдальнего транспорта может быть решена с помощью ЭП сверхвысокого напряжения (СВН) как постоянного, так и переменного тока [2].

Для решения этой проблемы наиболее эффективно использовать полуволновую технологию передачи электроэнергии. Полуволновые ВЛ (ПВЛ) обладают двумя замечательными качествами, которые определяют их преимущество перед компенсированными линиями переменного тока. Первое качество заключается в том, что такая линия не имеет ограничений на передаваемую мощность по условию устойчивости в силу того, что ее реактивное сопротивление равно нулю. Второе качество состоит в том, что ПВЛ сбалансирована по реактивной мощности и для ее работы не требуется установки компенсирующих устройств.

Но при разработке и создании ПВЛ также существуют проблемы. Своего разрешения требует задача обеспечения надлежащего уровня режимной и балансовой надежности энергообъединения при работе в его составе ПЭП. Необходимо проводить сравнительный анализ технико-экономических показателей ПЭП с учетом аспектов надежности, уточнить их роль в развитии электроэнергетики страны и оценить эффективность их использования за рубежом. Такое состояние рассматриваемой проблемы диктует необходимость теоретического обобщения и дальнейшего развития методических и практических вопросов полуволновой технологии передачи электроэнергии. Объект исследований: электропередачи полуволнового типа сверхвысокого напряжения, предназначенные для транспорта больших потоков мощности и электроэнергии на расстояния 2000 – 4000 км.

Проблема сверхдальнего транспорта электроэнергии на переменном токе наиболее эффективно решается путем использования ПЭП, в состав которых входят концевые подстанции и полуволновая

ВЛ. При частоте 50 Гц длина ПВЛ составляет приблизительно 2900 км, а при 60 Гц – 2400 км. Если длина линии отличается от полуволновой, то придать ей свойства полуволны можно путем включения в концевых пунктах устройств реактивной мощности (УРМ), обеспечивающих настройку на полуволну, если длина линии меньше полуволновой, и компенсацию до полуволны, если длина линии значительно больше полуволны. Практически работа линии в полуволновом режиме обеспечивается без применения УРМ в диапазоне длин 300 км. ПВЛ обладает рядом необычных свойств, которые отличают ее от обычных линий переменного тока.

1) Независимость фазового сдвига между напряжениями по концам линии от передаваемой мощности.

2) Тождественность ПВЛ по критерию устойчивости с линией нулевой длины.

3) Идентичность ПВЛ по способу изменения потока мощности с линией постоянного тока.

4) Сбалансированность по реактивной мощности во всех режимах.

5) Прямо пропорциональная зависимость напряжения в середине линии от передаваемой мощности.

6) Главенствование критерия допустимого уровня напряжения над критерием устойчивости при расчете пропускной способности ПВЛ.

7) Возможность шунтирования ПВЛ в средней точке [2].

### **Повышение пропускной способности электропередачи при помощи регулируемых источников реактивной мощности**

Одной из наиболее важных функций ДЭП переменного тока является увеличение предела передаваемой мощности и повышение статической устойчивости генераторов, работающих на передачу. Наибольшее внимание уделяется возможности автоматического управления поперечной компенсацией при помощи управляемых источников реактивной мощности (УИРМ). Наиболее совершенными источниками являются синхронные компенсаторы (СК), обеспечивающие через сильное регулирование постоянство напряжения в промежуточных точках ДЭП в местах их присоединения ДЭП разбивается на ряд относительно самостоятельных участков, напряжение концевых точек которых регулируется и поддерживается неизменным.

Основная проблема здесь состоит в необходимости использования большой реактивной мощности поперечной компенсации и высокой стоимости УИРМ. Чтобы передать по каждому из участков активную

мощность. Применение управляемой поперечной компенсации может быть экономически оправданным лишь при разработке УИРМ с невысокой стоимостью. Использование для этих целей дорогих СК не дает экономического эффекта. Поэтому большое внимание уделяется новым регулируемым источникам. Одним из направлений является создание дешевых управляемых реакторов. Здесь рассматриваются два способа.

Во-первых, используется идея регулирования сопротивления реактора с железом за счет регулирования тока подмагничивания.

Во-вторых, используются обычные реакторы без магнитопровода, но с тиристорным регулированием тока потребления.

Второе направление связано с разработкой тиристорно-управляемых источников реактивной мощности на базе СК и включением их в ДЭП параллельно с реакторами, управляемыми и неуправляемыми, необходимость в которых может возникать при передаче малой активной мощности. Биполярно включенные тиристоры в каждой фазе обеспечивают регулирование длительности протекания тока в обоих полупериодах синусоидально изменяющегося приложенного напряжения, т. е. обеспечивают регулирование мощности потребления (генерации) по первой гармонике тока [1].

### **Повышение пропускной способности электропередач путем изменения их конструктивных параметров**

Эффект повышения пропускной способности, прежде всего, может быть обеспечен использованием в ДЭП установок продольной емкостной компенсации (УПК) в виде включения на переключательных пунктах ДЭП батарей статических конденсаторов. Для УПК обычно используют продольные масляные конденсаторы. Эффект повышения пропускной способности в случае применения УПК проявляется как в снижении волнового сопротивления ДЭП, так и в сокращении ее волновой длины. Обычно УПК сооружают в середине ДЭП. По условиям работы релейной защиты при коротких замыканиях сопротивление УПК должно отвечать требованию УПК суммарное индуктивное сопротивление ЛЭП. Последнее требование диктуется также условиями снижения потерь активной мощности в ДЭП и отстройки от опасности самовозбуждения и самораскачивания генераторов передающей системы.

Установка конденсаторов УПК в середине ДЭП приводит к опасности повышения напряжения в середине линии. Поэтому при больших степенях компенсации в местах установки УПК ставят

шунтирующие реакторы. Надо заметить, что установка реакторов, приводя к увеличению затрат в ДЭП, не дает эффекта повышения пропускной способности, поскольку, сокращая волновую длину линии, приводит к росту ее волнового сопротивления.

Другим способом увеличения пропускной способности ДЭП может быть применение так называемых компактных ВЛ. К ним относятся линии со сближенными фазами и специальными конструкциями расщепления фаз.

Увеличение расстояния между проводниками фазы при уменьшении междуфазных расстояний довольно быстро достигает предела, если провода в расщепленной фазе располагать традиционно по окружности. Для достижения эффекта повышения пропускной способности компактной ДЭП предлагаются варианты вертикального, горизонтального, симметрично-параболического и коаксиального расположения фаз.

Существенное сближение фаз не снижает изоляционной прочности ВЛ, если обеспечить устойчивое положение проводов в пролете ВЛ при действии ветра. ВЛ традиционного исполнения имеют междуфазные расстояния, многократно превышающие электрическую прочность воздуха по условию недопущения опасного сближения проводов при их раскачивании под действием ветра. Применение стержневых полимерных изоляторов позволяет предотвратить опасные сближения за счет установки изолирующих распорок между проводами в середине пролета ВЛ. При этом почти не возрастают механические нагрузки на провода, так как полимерные изоляторы во много раз легче традиционных гирлянд стеклянных или фарфоровых изоляторов. Все это создает хорошую перспективу для применения компактных ВЛ, особенно для передачи мощности на большие расстояния.

Другой перспективой развития передачи электроэнергии на большие расстояния является применение управляемых самокомпенсирующихся высоковольтных линий (УСВЛ). Такие линии состоят из двух или более трехфазных цепей и также являются компактными, т.е. со сближенными фазами. Однако у таких линий сближенными являются также одноименные фазы различных цепей. Этим достигается увеличение взаимного электромагнитного влияния цепей. Кроме того, в таких линиях организован управляемый фазовый сдвиг между системами напряжений цепей, что улучшает эквивалентные параметры электропередачи.

За счет выбора оптимального угла сдвига  $\theta$  между напряжениями одноименных фаз цепей УСВЛ можно добиться улучшения их

режимных характеристик – предотвращения опасного повышения напряжения в линии на холостом ходу и увеличения предела пропускной способности при повышении величины передаваемой мощности (в этом случае  $\theta_{opt}$  увеличивается, достигая значений в десятки градусов). В качестве регулирующих устройств на подстанциях УСВЛ устанавливаются фазорегулирующие и фазосмещающие установки. В результате удастся добиться 10—15 %-го увеличения пропускной способности по сравнению с ВЛ традиционного исполнения. Следует заметить, что ВЛ, не относящиеся к классам сверхвысоких напряжений, без расщепления фаз можно выполнять также как УСВЛ.

Третьим перспективным типом электропередач на большие расстояния являются СВЧ-электропередачи антенного типа. С помощью таких ДЭП возможна передача электроэнергии на десятки тысяч километров с помощью когерентного пучка электромагнитных волн частотой около 3 ГГц. Генератором электрической энергии в этом случае является солнечная электростанция на фотоэлементах, установленная на гелиоцентрической орбите. Приемная подстанция, размещенная на Земле, преобразует электромагнитные колебания в электроэнергию промышленной частоты. Мощность такой электростанции может достигать десяти гигаватт. Трудности реализации такого проекта состоят, прежде всего, в сборке многотонной конструкции солнечных батарей на околоземной орбите (площадью несколько квадратных километров) и стабилизации положения электромагнитного луча, направленного на приемную подстанцию.

#### **Список литературы:**

1. Ананичева С.С., Бартоломей П.И., Мызин А.Л. Передача электроэнергии на большие расстояния: Учебное пособие; изд. 3-е, исправл. Екатеринбург: УрФУ, 2012. 85 с.
2. Зильберман С.М. Методические и практические вопросы полуволновой технологии передачи электроэнергии: Автореф. дис. канд. техн. наук. Красноярск, 2009.

## СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ КАК ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ

Цыбульский А.Б., студент,  
Паращук О.В., ассистент

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

В наше время возобновляемая энергетика, особенно с использованием солнечной энергии, развивается очень интенсивно. Что касается Белгородской области, то в нашем регионе расположена крупнейшая на сегодняшний день гибридная дизель-солнечная установка мощностью 100 КВт. А ведь Солнце действительно играет исключительную роль в жизни Земли. Весь органический мир нашей планеты обязан Солнцу своим существованием. Солнце – это не только источник света и тепла, но и первоначальный источник многих других видов энергии (энергии нефти, угля, воды, ветра).

Экономически эффективный потенциал возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России эквивалентен ~ 25% внутреннего энергопотребления страны. Однако в настоящее время при безусловно положительном отношении к возможности и необходимости использования в РФ нетопливных установок на нетрадиционных и возобновляемых источниках энергии, препятствием к этому является их большая металлоемкость, а следовательно – и большая стоимость.

Попробуем разобраться в эффективности установок, используемых солнечную энергию, на основе термодинамических параметров, сравнивая их с результатами, полученными для традиционных топливных теплоэнергетических установок.

### **Сравнительная оценка по коэффициенту затрат первичной эксергии**

Эксергия – часть энергии, равная максимальной полезной работе, которую может совершить термодинамическая система при переходе из данного состояния в состояние равновесия с окружающей средой. Эксергией иногда называется работоспособность системы.

Коэффициент затрат эксергии – затраты эксергии на получение полезной эксергии (электрической энергии). На топливные установки учтены только максимальные из затрат – на топливо. Для установок на ВИЭ учтены затраты эксергии на создание установок; затраты на топливо отсутствуют.

$$K_f = Ex_f / Ex_{эл}$$

$$K_{m.ВИЭ} = Ex_{m.ВИЭ} / Ex_{эл}$$

где  $Ex_f$  – затраты топлива в традиционных установках, кДж;  
 $Ex_{m.ВИЭ}$  – затраты эксергии на создание установки, кДж,  $Ex_{эл}$  –  
 полученная полезная эксергия, кДж.

Результаты расчетного анализа по коэффициенту затрат эксергии  $K_{m.ВИЭ}$  представлены соответственно на рис. 1. На рисунке видно, что затраты эксергии на единицу получаемой полезной эксергии в установках на ВИЭ от 3 до 12, что в 2–4 раза больше, чем в топливных (1.5-3). Это объясняется низким энергетическим потенциалом первых (по температуре), меньшим КПД установок, и, соответственно, большими затратами на создание установок, масса и габариты которых существенно больше вторых.

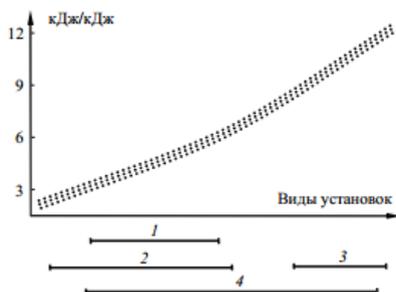


Рис. 1. Затраты первичной природной эксергии на получение полезной эксергии в виде электроэнергии в теплоэнергетических установках на ВИЭ:

- 1 – СЭС на основе цикла Ренкина; 2 – ГеоТЭС, включая комбинированные геотермально-парогазовые установки; 3 – СЭС на солнечных прудах;
- 4 – фотоэлектрические СЭС из обычных и новых материалов

### Сравнительная оценка по сроку эксергетической окупаемости

Для установок на ВИЭ коэффициент  $K_{m.ВИЭ}$  можно представить в виде:

$$K_{m.ВИЭ} = m^* ex_{0,m} / C_{ex}$$

где  $C_{ex}$  – срок эксергетической окупаемости, с;  $m$  – удельная масса установки, кг/кВт полезной мощности;  $ex_{0,m}$  – удельные затраты эксергии на создание установки, кДж/кг.

Эксергетическая окупаемость соответствует условию

$$K_{m,ВИЭ} = 1$$

т.е., когда количество полученной эксергии становится равным количеству затраченной. На рис. 2 представлены сроки эксергетической окупаемости теплоэнергетических установок на ВИЭ в широком диапазоне параметров. Видно, что есть установки, значения  $C_{ex}$  которых имеют вполне приемлемые для практики значения.

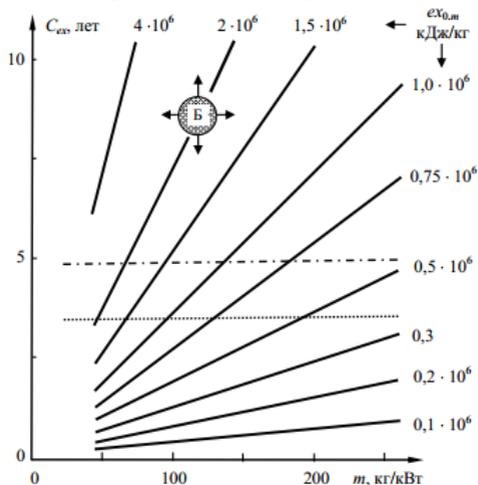


Рис. 2. Срок эксергетической окупаемости  $C_{ex}$  теплоэнергетических установок на ВИЭ с учетом затрат эксергии только на создание установок в зависимости от их удельной массы и при различных удельных затратах эксергии  $ex_{0,m}$ , кДж/кг.

Линии: ..... – предел инвестиционной и инновационной привлекательности; ······ – предел технико-экономической целесообразности в настоящее время. Зона «Б» выше линии ······ зона

неэффективного сочетания удельной массы и качества материалов установок

Из соотношения понятно что, при увеличении срока использования установок на ВИЭ коэффициент затрат эксергии  $K_{т.ВИЭ}$  будет уменьшаться. Большое значение при этом будут иметь величины параметров  $ex_{0,m}$  и  $m$ , значения которых напротив надо стараться уменьшать. Следовательно, очевидна необходимость сравнительного анализа при создании установок по материалам, по простоте конструкторских решений, по планируемому сроку использования и по виду установок.

### Сравнение по финансовым затратам

Так что же окажется выгоднее, топливные установки с их постоянными затратами на топливо или же установки с использованием ВИЭ, “топливо” которых совершенно бесплатно, однако, создание которых сравнительно дороже. Сравним параметры установок при одинаковой полезной мощности (1 МВт) и одинаковом сроке использования (20 лет).

На рис. 4 приведены затраты на создание установок на ВИЭ, отнесенные к одному году их использования.

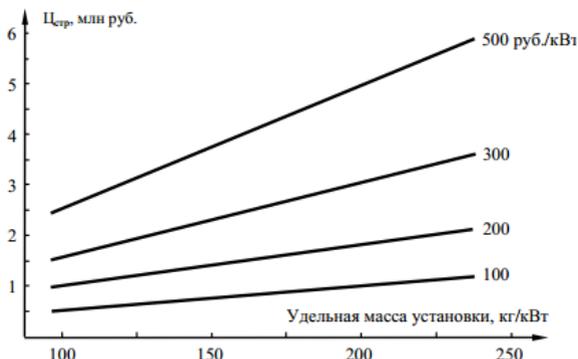


Рис. 6. Затраты на создание теплоэнергетических установок мощностью 1 МВт на ВИЭ в зависимости от удельных затрат, руб./кВт, и от удельной массы установок, кг/кВт, отнесенные к одному году использования установок (при общем сроке использования 20 лет)

Что касается топливных установок, то при условии использования в качестве топлива природного газа  $Q_{н}^p = 36\ 000$  кДж/(н м<sup>3</sup>) при

мощности 1 МВт и стоимости газа 4 000 руб./1 000 н м<sup>3</sup> значения затрат будут находиться в диапазоне от 7 млн. руб. до 15 млн. руб.

### **Выводы**

Затраты на создание солнечной установки в несколько раз больше, чем топливной установки, однако, полностью отсутствуют затраты на топливо, затраты эксергии на получение полезной эксергии тоже значительно меньше, и в итоге общая прибыль с установок на ВИЭ за 20 лет окажется выше. Нельзя не учесть многочисленные достижения в области солнечной энергетики, за последние годы в лабораторных условиях поставлен новый рекорд КПД фотозлемента, равный 44.7%, разработано много инновационных проектов, целью которых является максимальное использование ВИЭ в быту. В целом, можно сделать вывод, что солнечной энергетике необходима технологическая, экономическая и нормативная поддержка развития.

### **Список литературы:**

1. Аминов Р.З., Шкрет А.Ф. Сравнительная эффективность развития генерирующих источников // Проблемы совершенствования топливно-энергетического комплекса. Саратов: Изд-во СГУ, 2008. Вып.5. С. 37–44.
2. Ресурсы и эффективность использования возобновляемых источников энергии России / П.П. Безруких, Ю.Д. Арбузов, Г.А. Борисов и др. СПб.: Наука, 2002. 314 с.
3. Ильин А.К. Сравнительная эффективность использования первичной эксергии в теплоэнергетических установках различных видов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. 2009. №1. С. 176–180.
4. Авезов Р.Р. Эксертетическая эффективность плоских солнечных тепловых коллекторов // Гелио-техника. 1999. №5. С. 66–72.
5. Алферов Ж.И. Фотоэлектрическое преобразование солнечной энергии. Чтения памяти А. Ф. Иоффе. Л.: Наука, 1983. С. 4–21.
6. Алхасов А.Б. Возобновляемая энергетика. М.: Физматлит, 2010. 256 с.

## СВЕРХПРОВОДИМОСТЬ

**Чехунов Д.И., студент,  
Виноградов А.А., канд. техн. наук, проф.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Сверхпроводимость – уникальное явление, которое было открыто голландским ученым Каммерлинг-Оннесом еще в 1911 году. Это свойство материалов снижать электрическое сопротивление под воздействием низких температур. Между тем лишь сравнительно недавно сверхпроводящие материалы все чаще стали называть будущим энергетикой.

Программа развития сверхпроводниковых технологий в целях повышения энергоэффективности отечественной промышленности включена в перечень приоритетных направлений в рамках Комиссии при Президенте РФ по модернизации и технологическому развитию экономики России. В сравнении с традиционным электротехническим оборудованием, оборудование на основе сверхпроводящих материалов позволяет уменьшить потери при транспортировке и потреблении электроэнергии, снизить массо-габаритные характеристики устройств, повысить надежность и безопасность энергосистем, значительно улучшить параметры энергоснабжения потребителей [1].

Потенциально наиболее выгодное промышленное применение сверхпроводимости связано с генерированием, передачей и использованием электроэнергии. Например, по сверхпроводящему кабелю диаметром несколько дюймов можно передавать столько же электроэнергии, как и по огромной сети ЛЭП, причем с очень малыми потерями или вообще без них. Стоимость изготовления изоляции и охлаждения криопроводников должна компенсироваться эффективностью передачи энергии. С появлением керамических сверхпроводников, охлаждаемых жидким азотом, передача электроэнергии с применением сверхпроводников становится экономически очень привлекательной.

В 2007 году в США началась реализация «Проекта «Гидра» (Project Hydra), за которым внимательно наблюдает вся заинтересованная общественность в мире. Проект реализует корпорация American Superconductor (AMSC).



Название проекта/страна	Southwire – ULTERA США, Дания	Albany Project США, Япония	Project LIPA США, Германия, Франция	Super-ACE Япония
Сроки выполнения	2003 - 2006 гг.	2003 - 2006 гг.	2003 - 2007 гг.	2000 - 2005 гг.
Сроки испытаний	Начаты в августе 2006 г.	Начаты в июле 2006 г.	Начнутся в 2007 г.	Закончены в 2005 г.
Материал	Bi-2223 лента AMSC	Bi-2223 лента Sumitomo*	Bi-2223 лента AMSC	Bi-2223 лента Furukawa
Тип кабеля	Триаксиальный	«Три в одном» плюс соединительная муфта	Три отдельные фазы в индивидуальных кристатах	Однофазный
Рабочее напряжение, кВ	13	34,5	138	77
Передаваемая мощность, МВА	69	48	574	133
Номинальный рабочий ток, А	3000	800	2400	1400
Число фаз	3	3	3 (каждая фаза в своем кристате)	1
Длина, м	200	350 (320 + 30)*	660	500
Внешний диаметр, мм	143	135	-	133
Максимальный ток кз., кА	20	23	69	-
Максимальная длительность кз., с		0,63 (испытано при 0,13)	0,25	-
Температура хладагента, К	65 – 80	67 – 77	65 – 71	65 – 77
Хладопроизводительность криогенной установ-ки, кВт	2	5 (при 77 К)	более 12	6 (при 77 К)
Максимальный расход хладагента, л/мин	-	50	-	100
Давление хладагента, атм	-	1 – 5	2,6 – 7,5	-

Рис. 1. Характеристики сверхпроводящих кабелей

### Проект «Гидра»

В рамках контракта будет разработана и построена беспрецедентная по защищенности и степени резервирования система электроснабжения центра г. Нью-Йорка, исключая нарушение электроснабжения при любых авариях (из-за погоды, технологических сбоев, атак террористов). Название «Проект Гидра» («Project Hydra») программа получила по ассоциации с многоголовым мифическим чудовищем. Подобно тому, как у него отрастали головы после их отсечения, так электроснабжение должно иметь множество запасных каналов на аварийные случаи.

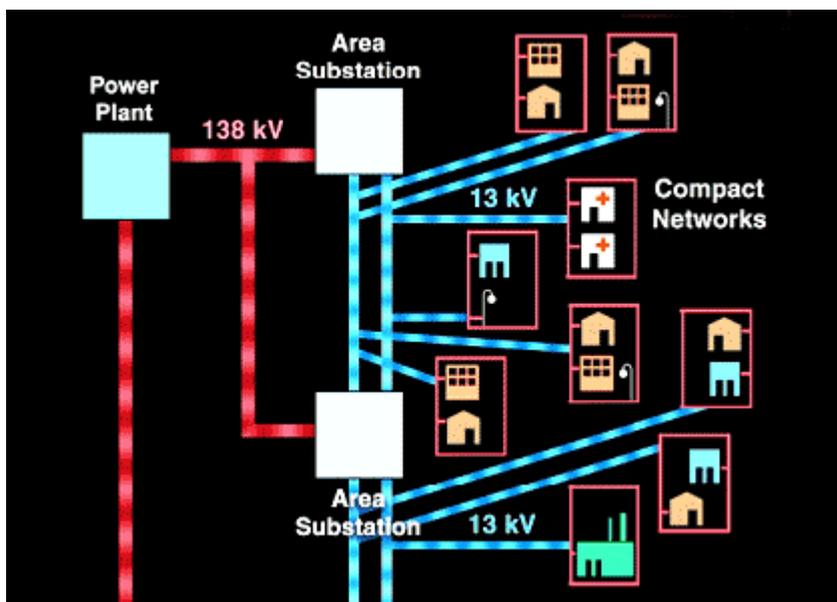


Рис. 2. Схема размещения ВТСП кабеля на 13 кВ в распределительной сети низкого напряжения

Power Plant – электростанция, Area Substation – подстанция, Compact Networks – группа потребителей на общем фидере.

AMSC предлагает новую СП технологию «Secure Super Grids™» для энергосистем большой мощности с защитой от перенапряжения, обеспечивающую безопасное и эффективное снабжение электроэнергией предприятий города [2].

Почему ВТСП кабели могут помочь при решении проблем с постоянно увеличивающейся потребностью мегаполисов в электроэнергии? Во-первых, кабели из ВТСП могут передавать в 10 раз большую мощность по сравнению с традиционными медными кабелями при аналогичном сечении кабельного канала. Во-вторых, замена медных кабелей, используя уже имеющиеся в грунте коммуникации, позволит обеспечить недостающие мощности без дополнительного проведения дорогостоящих земляных работ. Кроме того, при необходимости новых распределительных или подводящих электроэнергию сетей объем прокладочных работ также существенно меньше, чем в случае традиционных медных кабелей.

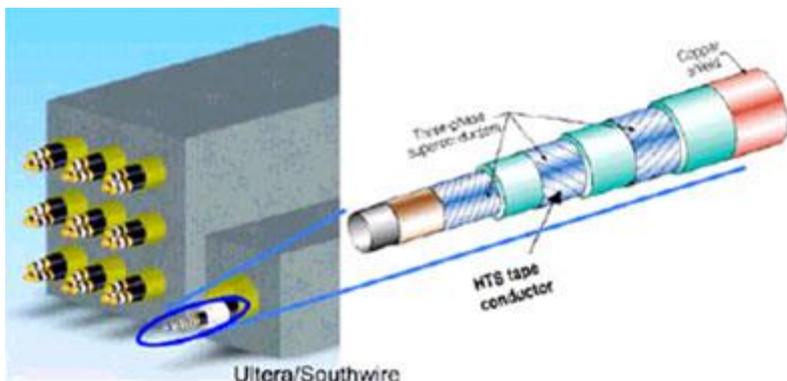


Рис. 3. Сборка сверхпроводящих кабелей

Сравнение 3х3 сборки кабельного блока подземной распределительной сети из медного кабеля с одноканальным кабельным блоком ВТСП кабеля на 13 кВ при одинаковой передаваемой мощности в 69 МВА. Справа схема триаксиального кабеля совместного предприятия Southwire and NKT – ULTERA.

### *Генерация энергии*

Еще одно возможное применение сверхпроводников – в мощных генераторах тока и электродвигателях малых размеров. Обмотки из сверхпроводящих материалов могли бы создавать огромные магнитные поля в генераторах и электродвигателях, благодаря чему они были бы значительно более мощными, чем обычные машины. Опытные образцы давно уже созданы, а керамические сверхпроводники могли бы сделать такие машины достаточно экономичными. Рассматриваются также возможности применения сверхпроводящих магнитов для аккумулялирования электроэнергии в магнитной гидродинамике и для производства термоядерной энергии.

### **Список литературы:**

1. Гинзбург В.Л., Андрюшин Е.А. Сверхпроводимость.
2. [www.nanovation.ch](http://www.nanovation.ch)

## **АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ В МУНИЦИПАЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Ширриме К.Ж., студент,  
Чернявский О.С., аспирант,  
Трубаев П.А., д-р техн. наук, доц.**  
*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

В работе рассматривается актуальная проблема в сфере энергетического менеджмента о наиболее рациональном методе повышения энергетической эффективности в системе государственных организаций [1]. На основе проведенного анализа выявлены наиболее важные сферы для внедрения дальнейших инноваций, предсказана динамика ожидаемой эффективности энергосберегающих проектов.

Согласно Федеральному закону от 23.11.2009 N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» бюджетные учреждения должны обеспечивать энергосбережение и повышение энергетической эффективности. В этой исследовательской работе проведен анализ основных муниципальных объектов, на основании которого в статье представлены графики потреблений по структурному типу, а также получены показатели энергоэффективности [2].

Для более детального анализа все объекты были разделены на категории. Данное деление обусловлено специфическими особенностями каждого из муниципальных учреждений, которые описаны ниже. Все муниципальные объекты были разделены на следующие подгруппы:

- дошкольные учреждения (детские сады), далее по тексту ДООУ;
- общеобразовательные учреждения (школы), далее по тексту МОУ;
- учреждения с частичным и полным проживанием (дома интернаты, дома престарелых);
- учреждения административного типа (городские и районные администрации).

На основании проведенного анализа было выявлено, что структурный тип организаций имеет существенное влияние на его ежегодные показатели по потреблению энергоресурсов [3].

Общее потребление электричества можно разделить на два основных типа:

–потребление на освещение (внутреннее, наружное);  
 –бытовое потребление (оргтехника, компьютеры, бытовые приборы, климатические установки).

В приведенных ниже диаграммах показано среднее распределение потребления электроэнергии для каждого типа учреждений.

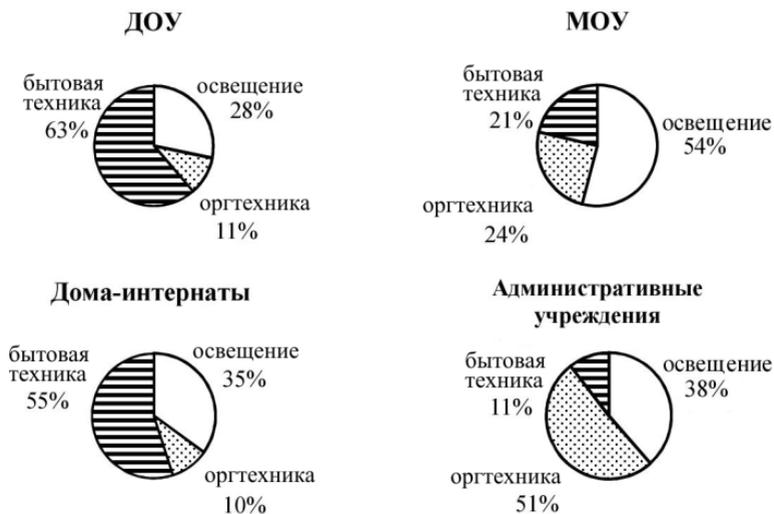


Рис. 1. Структура потребления электроэнергии в учреждениях разного вида

Как видно из диаграмм, преобладающая доля электропотребления изменяется в зависимости от вида учреждения. Таким образом, в детских садах и учреждениях с временным или постоянным проживанием основу потребления составляет: бытовое оборудование (63 и 55% соответственно). В школьных образовательных учреждениях это осветительные приборы (54%), а в зданиях административного назначения – офисная оргтехника (51%).

Деление расходов электроэнергии на нужды внутреннего и наружного освещения обусловлено спецификой режимов работы учреждений [4]. Ниже приведены круговые диаграммы распределения расходов на наружное и внутренне освещение для каждого типа организаций (или тех организаций, на балансе которых находятся осветительные приборы наружного назначения).

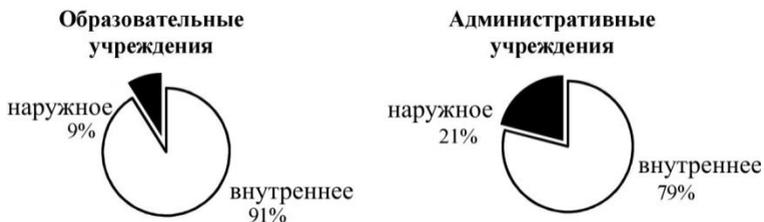


Рис. 2. Структура потребления электроэнергии для освещения

Данные графики демонстрируют, что муниципальные общеобразовательные учреждения в сравнении с административными учреждениями имеют не столь большие прилегающие территории, требующие дополнительного освещения, и тратят 9 и 21% от общего потребления электричества соответственно.

Как видно из данных, освещение занимает существенную статью в бюджете расходов на энергоресурсы. Наряду с внутренними осветительными приборами наружное освещение прибавляет весомую долю в суммарном потреблении электричества [5]. Наиболее ярко это отражено в структурах административной направленности.

Следует отметить, что существенное значение играет тип установленных ламп. Наличие энергосберегающих ламп помогает экономить порядка 70% затраченной на освещение электроэнергии.

На основании фактических данных были вычислены коэффициенты, характеризующие площадь и количество людей, приходящуюся на один осветительный прибор (ламп/м<sup>2</sup>). Данный показатель наглядно отражает площадь, освещаемую одной единицей осветительного прибора для каждой подгруппы объектов [6].

□ наличие энергосберегающих ламп более 30%

■ отсутствие энергосберегающих ламп или незначительное их количество

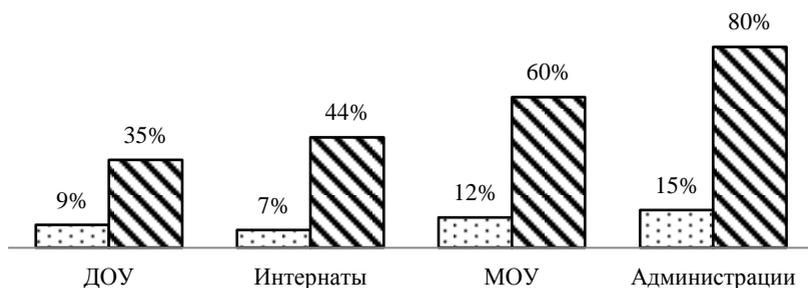


Рис. 3. Доли потреблений электроэнергии на освещение, при наличии энергосберегающих ламп и при их отсутствии в муниципальных учреждениях

Таблица 1 – Показатели энергоэффективности освещения

Вид учреждения	Удельное количество осветительных приборов		Удельная мощность осветительных приборов		Годовые затраты электроэнергии на освещение, тыс.руб	
	на 1000 м <sup>2</sup>	на человека	на 1000 м <sup>2</sup>	на человека	на 1000 м <sup>2</sup>	на человека
ДОУ	137	5,3	6,2	0,235	11,6	0,65
МОУ	181	0,6	6,8	0,054	31,2	0,25
Дома-интернаты	156	4,8	6,0	0,182	39,0	1,20
Администрации	987	14,2	29,6	0,426	115,3	1,65

Далее рассмотрим вторую группу потребления электроэнергии на бытовые нужды. Большая доля электропотребления отводится оргтехнике, климатической технике и в некоторых структурах с большим коэффициентом «общественной потребности» – наличию бытовой техники.

Особое внимание следует уделить коэффициенту “общественной потребности”. Данная характеристика отражает наиболее востребованные места нахождения большого количества людей, их заинтересованность в стабильном функционировании данного учреждения и, как следствие, наиболее эффективный путь вложения целевых средств по сравнению с “общественно не востребованными” зданиями. Благодаря данному определению, возможно, проанализировать и выбрать наиболее перспективные мероприятия с социальной точки зрения, при этом по-прежнему экономически выгодные для государства.

В заключение проведенного анализа, были получены результаты по средним потребностям в структурах разного типа, и выявлено, что в муниципальных общеобразовательных учреждениях большее электропотребление осуществляется освещением, в дошкольных учреждениях, а также в муниципальных учреждениях с частичным и постоянным проживанием на технику бытового назначения, зданиях административного назначения на офисную оргтехнику. Были получены соответствующие показатели энергоэффективности, свидетельствующие о более перспективных методах дальнейших инвестиций в муниципальных учреждениях Белгородской области.

#### **Список литературы:**

1. Троицкий А.А. Энергоэффективность как фактор влияния на экономику, бизнес, организацию энергоснабжения // Электрические станции. Энергопрогресс. 2005. №1. С. 11-16.
2. Энергосбережение в освещении; Под ред. Ю.Б. Айзенберга. М.: Изд-во «Знак», 1999. 264 с.
3. Щелоков Я.М. Энергетическое обследование: справочное издание. В 2-х томах. Том 2. Электротехника. Екатеринбург, 2011. 150 с.
4. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. Русская версия. М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2009. 455 с.
5. Башмаков И.А., Башмаков В.И. Повышение энергоэффективности в бюджетной сфере // Энергосбережение. 2012. №5. С. 12–17.
6. Подгорный И.И. Энергосбережение в бюджетной сфере: опыт и предложения по распространению энергосберегающих технологий. М.: ОМННО «Совет Гринпис», 2007. 28 с.

## ЗОЛОТАЯ ПРОПОРЦИЯ В ПРИРОДЕ И ЗОДЧЕСТВЕ

**Юрьев А.Г., д-р техн. наук, проф.**

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова*

Золотая пропорция в строении цветов проявляется в их членении в соответствии с рядом чисел Фибоначчи. Природа отдала предпочтение симметрии пятого порядка (цветы с пятью лепестками). Этому же ряду отвечает число лучей у большинства морских звезд – 5, 8, 13, 21, 34, 55. Организмы с 6, 10, 19 и т.д. лучами следует рассматривать как промежуточные, переходные, неустойчивые формы, появившиеся в процессе эволюции и не получившие широкого распространения.

Схемы опорно-двигательных аппаратов различных позвоночных животных имеют большое сходство. Общим является принцип трехчленного строения конечностей с соблюдением соотношений золотой пропорции. Конкретные условия окружающей среды обусловили отклонения от основных зависимостей, не превышающие 3%.

За всем обилием природных образований и явлений проявляются, по крайней мере, два руководящих морфологических принципа – принцип спирализации и принцип ветвления. В верхушках многих побегов можно различать системы спиральных рядов, состоящих из зачатков листьев или цветов. А контур фигуры беленита образован ветвями противоположно направленными логарифмическими спиралями, параметр которых равен  $[2(2-\Phi)]/\pi$ , т.е. связан с золотой пропорцией.

Винтовое расположение листьев выражают дробью, числитель которой равен числу оборотов по стеблю воображаемого винта одного цикла листьев, а знаменатель – числу листьев в данном цикле. Так, у липы, вяза, бука, злаков расположение листьев описывается дробью  $1/2$ ; у ольхи, орешника, винограда, осоки –  $1/3$ ; у дуба и вишни –  $2/5$ ; у малины, груши, тополя, барбариса –  $3/8$ ; у миндаля и облепихи –  $5/13$  и т.д. Легко усмотреть здесь числа Фибоначчи, расположенные, кроме первой дроби, строго закономерно – через одно.

Спираль роста с числами Фибоначчи и золотой пропорцией относится, по-видимому, к общим принципам строения организмов, лежит в основе их морфологии и развития. Эта закономерность обнаруживается на самых ранних этапах эволюции живой материи, в строении клетки и ее составляющих. Отметим, что развитие зародыша у позвоночных животных, в том числе у человека, происходит также со

спиральной закруткой вокруг главной оси, что обуславливает асимметрию тела человека и животных.

Примеров проявления золотой пропорции в природе имеется очень много. Она характеризует профиль большинства птичьих яиц, не только благодаря отношению между большой и малой осями, но также и вследствие положения последней. Статистическая обработка измерений длин междоузлий стебля показала, что средние значения относительных величин данного параметра хорошо согласуются с числами, функционально связанными с  $\Phi$ , и т.д.

Явления в макромире неразрывно связаны с процессами, присущими микромиру. Поэтому отражение ряда чисел Фибоначчи в химической организации свидетельствует о его фундаментальности и природной изначальности.

В 1954 г. А. Фрей-Вислинг установил, что угол расхождения между аминокислотными остатками в цепях некоторых полипептидов подчиняется тем же зависимостям, какие обнаружены в расположении листьев, т.е. числам Фибоначчи.

Спиралевидную форму имеют раковины моллюсков от малых до громадных образований. Их характерной особенностью является рифленая наружная поверхность. Как известно, ребра жесткости значительно повышают несущую способность конструкции, и их наличие оправдывается с позиций принципов формообразования. Небезынтересен и тот факт, что число ребер – 21 принадлежит знаменитому ряду.

Принципы золотой пропорции или близкие ей пропорциональные отношения легли в основу композиционного построения многих произведений мирового искусства (главным образом произведений архитектуры античности и Возрождения).

Десятичное деление круга и его производные наиболее часто были в поле зрения древних зодчих. Характерные пропорции (соотношения радиуса окружности и стороны вписанного или описанного десятиугольника и обратные соотношения) связаны с золотой пропорцией. Кроме того, применялись пропорции, отдельные числа которых связаны между собой в возрастающей или убывающей прогрессии с множителями  $\Phi^n$ ,  $(\Phi-1)^n$ .

Интуитивные представления о существовании количественных мер гармонии в архитектуре были свойственны мастерам во время зарождения цивилизации. Канонизация пропорций человеческой фигуры, или, другими словами, построение ее математической (геометрической) модели, является одним из наиболее древних актов

творчества человека.

В сооружениях древности золотая пропорция нашла отражение в их формах, деталях внутренней композиции. Она проявилась в соотношениях целых чисел ряда Фибоначчи, открытого значительно позже.

Можно предположить, что основным исходным элементом формы пирамиды Хеопса является треугольник в ее вертикальном сечении, у которого отношение катетов равно отношению гипотенузы к большому катету и равно  $1,272 = \sqrt{\Phi}$ , а отношение гипотенузы к малому катету равно  $1,618 = \Phi$ . Если обозначить стороны такого треугольника буквами  $a, b, c$ , то получим равенство  $(c/a)^2 = (c/a) + 1$ . А так как  $c/a = \Phi$ , то это равенство приводится к уравнению золотой пропорции. Та же математическая идея положена в основу форм других египетских пирамид.

Однако древние зодчие не ограничивались использованием лишь указанного треугольника. В Древнем Египте и Древней Греции широко применялся треугольник с отношением сторон  $1:2:\sqrt{5}$ , тесно связанный с золотой пропорцией, поскольку  $(1 + \sqrt{5})/2 = 1,618...$  Отношение  $\sqrt{5}:2$  стало называться функцией золотой пропорции. Этот треугольник образуется построением двух квадратов и проведением диагонали в получившемся прямоугольнике.

Пропорция  $1:\sqrt{5}$  неоднократно встречается в архитектурной композиции Парфенона, обеспечивая исключительную гармонию составляющих частей. Эта же пропорция господствует в архитектуре храма Покрова на Нерли и других русских храмов.

Трудно представить, что древние зодчие сознательно пользовались идеей золотой пропорции. Они еще не располагали научным объяснением ее особых свойств, скорее можно вообразить, что они применяли ее интуитивно под влиянием гармонии и красоты творений природы.

Постепенно возникает интерес к физическому осмыслению пропорций в живой природе. Г. Галилей, вероятно, был первым ученым, опубликовавшим рассуждения о влиянии размеров тела на размеры скелета.

К. Кульман, основатель графостатики, заметил, что кости человека и животного создают такую систему, которая является наиболее

рациональной, т.е. проявляет максимальный эффект прочности при присущей ей массе. Расположение клеток губчатой среды костей соответствует схемам графостатики, обеспечивающим восприятие наибольших усилий.

Архитектор И.В. Жолтовский говорил, что отношение частей к целому и друг к другу выражают разные моменты живого роста, разные этапы его борьбы с тяготением и инерцией. Пропорции в руках подлинного художника должны быть не мертвой математической схоластикой, а могучим средством выражения, почерпнутым из наблюдения и изучения органической материи.

В XX веке французский архитектор Л. Корбюзье впервые решил задачу осознанного использования в зодчестве гармоничных природных конструкций. Он пришел к заключению, что в основе сооружений должны лежать пропорции человеческой фигуры, связанные с золотым сечением. Свою мерную «золотую линейку» Л. Корбюзье назвал модулором.

Однако эта система не нашла широкого применения по ряду причин. Принятый условный рост 183 см не соответствует повсеместно среднему росту человека, подверженному, кроме того, изменению во времени. Чрезмерная стандартизация строительных элементов также препятствует внедрению модулора в практику.

Немаловажное значение имеет продолжение исследований по выяснению роли золотой пропорции в самоорганизации материи. В последние годы выдвигаются гипотезы, объясняющие природу золотой пропорции явлением резонанса. Сложное взаимодействие собственных частот колебаний природных систем с частотой колебаний внешних воздействий приводит к изменению пропорций этих систем в направлении создания резонанса [1].

#### **Список литературы:**

1. Юрьев А.Г. Естественный фактор оптимизации конструкций. Белгород: Изд-во БГТУ, 2003. 110 с.

## ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПО ТОПОЛОГИИ И ГЕОМЕТРИИ

**Юрьев А.Г., д-р техн. наук, проф.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Творческий подход к практической реализации теории структурного синтеза основан на анализе влияния топологии и геометрии конструкции на ее эксплуатационное состояние. В процессе анализа мы часто сталкиваемся с фактами, когда количественное изменение какого-либо параметра ведет к качественным изменениям поведения конструкции. Здесь проявляется диалектический закон взаимоперехода количественных и качественных изменений, который должен непременно учитываться и при синтезе конструкции. Из сравниваемых конструктивных решений лучшим будет то, в котором желаемая цель (прочность, надежность работы) достигается не за счет количественных изменений, выражающихся в наращивании размеров элементов и применении более прочного материала, а главным образом с помощью конструктивной формы, т.е. качественного изменения строения сооружения.

К примеру, ствол дерева в нижней зоне имеет не только больший диаметр, а, следовательно, и существенно больший момент сопротивления сечения, но и большую массу затвердевших тканей, что в целом способствует созданию необходимого сопротивления внешним воздействиям, выражающимся в сжатии с изгибом. К вершине дерева ткани становятся более жизнедеятельными и эластичными, что создает амортизацию действию ветровой нагрузки.

Рациональность конструкций в природе достигается различными путями. Существуют две возможности, позволяющие придать тонкому листу с большой площадью поверхности дополнительную жесткость. Для водных растений вполне приемлемо образование ребер жесткости. Здесь практически не имеет значения то обстоятельство, что дополнительные конструкции в форме многочисленных распорок утяжеляют лист растения. Вода хорошо выдерживает их вес. Иное дело – листья наземных растений и, прежде всего, тех, которые произрастают, в тропических районах Земли с их частыми ураганами, ветрами и сильными ливнями. Листья должны быть, с одной стороны, исключительно легкими, с другой – в высшей степени прочными. Растения удачно решают эту задачу, используя принцип гофрирования.

Рациональность природных конструкций достигается также за счет топологии. Прочность стеблей злаков, подвергающихся большим ветровым нагрузкам, достигается в основном за счет того, что изгибающие моменты, приходящиеся на сплошной стержень, перераспределяются в результате образования узлов, которые можно рассматривать как особо устроенные шарниры-демпферы.

Заметное большинство «живых форм» – птичьи яйца, цветы, зрачки глаз – имеют круглое или овальное сечение. Такая закономерность вполне объяснима: окружность – кривая, которая при одинаковой длине с прочими кривыми или ломаными линиями обеспечивает наибольшую прочность и жизнеспособность организмов.

С помощью оболочек человек утверждался не только на земле, но и в воздухе, проникал в моря и океаны, углублялся под землю, пронизывал туннелями горы. Любое совершенное оболочковое покрытие должно быть едино в конструктивном, функциональном и эстетическом отношении. Поэтому, когда строительный материал определен, его несущая способность, всецело является функцией выбранной формы. Этот принцип проектирования известный итальянский инженер и архитектор П. Нерви назвал «сопротивляемостью по форме» [1].

Природным конструкциям присущ энергетический критерий структурообразования. Потенциальная энергия системы в положении устойчивого равновесия достигает абсолютного минимума по перемещениям в функциональном пространстве, расширенном за счет полей функций конфигурации и модулей упругости материала.

Законы структурообразования должны проследиваться как в организации природы, так и в доведенных до совершенства инженерных конструкциях. В природе постоянное функциональное раздражение вызывает усиление действующего органа путем повышения интенсивности поставки вещества.

Отсутствие раздражения позволяет перенести вещество в другие органы, где, напротив, налицо повышение раздражения. Таков процесс «обволакивания» материей силового поля. Этим объясняется способность живых систем адаптироваться к длительным и многократным воздействиям внешних факторов умеренной интенсивности путем как функциональной, так и морфологической перестройки отдельных структур и систем.

Оптимизация топологии шарнирных ферм осуществляется путем перебора сочетаний стержней решетки, который в конце концов, сводится к укреплению наиболее нагруженных узлов [2]. В этом можно

усмотреть некоторый аналог упомянутого выше обволакивания материей силового поля в континуальном теле.

Оптимизация топологии систем, содержащих балочные элементы, носит более сложный характер. Изгибающие моменты в балочных элементах рамы можно уменьшить двумя способами: 1) включением шарниров по длине элемента, 2) введением стержней, создающих дополнительные опорные точки [3]. В конкретном случае на топологию рамы накладывают ограничения, связанные с ее функциональным назначением и условиями эксплуатации конструкции.

#### **Список литературы:**

1. Юрьев А.Г. Естественный фактор оптимизации конструкций. Белгород: Изд-во БГТУ, 2003. 110 с.
2. Юрьев А.Г. Естественный фактор оптимизации топологии конструкций // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №5. С. 46-48.
3. Юрьев А.Г., Нужный С.Н. Оптимизация топологии одноэтажных рам // Фундаментальные исследования. 2013. №10. С. 742-746.

## РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ФИБРОБЕТОНА

**Юрьев А.Г., д-р техн. наук, проф.,**  
**Панченко Л.А., канд. техн. наук, доц.,**  
**Серых И.Р., канд. техн. наук, доц.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

Известно, что цементные бетоны, наиболее широко применяемые среди других строительных материалов, обладая высокой прочностью, имеют сравнительно низкие показатели на растяжение при изгибе. Этот недостаток компенсируется путем введения в области, подверженные растяжению, стержневой стальной арматуры. Однако это не избавляет от нарушения сплошности бетона (образования трещин) на растянутой поверхности элемента конструкции.

В последние десятилетия в нашей стране и за рубежом внедряется идея дисперсно армированных бетонов [1, 2], у которых повышается прочность на растяжение при изгибе и ударная вязкость. Фундаментальные свойства волокнистого композиционного материала, взаимодействие между волокнами и матрицей, способствующее предотвращению образования трещин, прежде всего в поверхностной области.

Очень важным является то, что дисперсное армирование значительно компенсирует главные недостатки бетона, а именно, низкую прочность при растяжении и хрупкость. Кроме того, улучшаются эксплуатационные характеристики конструкции в целом, такие как устойчивость к динамическим и температурно-влажностным воздействиям.

Рассматривая дисперсное армирование как дополнение к стержневой арматуре, мы должны избирательно насыщать волокнами слои конструктивного элемента. Насыщаемость волокнами должна быть подчинена силовой схеме конструкции.

Как известно, конструкции из интегральных пенопластов представляют собой композиции, состоящие из твердой фазы и газовых включений – ячеек, размеры и расположение которых могут меняться согласно проектному расчету. Этим композициям присущи переменные модули деформации и плотность материала. Можно сказать, что пенопласт является одновременно материалом и конструкцией.

Подобная идея должна прослеживаться и при использовании фибробетона. В областях, приближенных к нейтральному слою

изгибаемого элемента, включение волокон теряет смысл и экономически нецелесообразно. Оптимальным вариантом могут служить слоистые композиты. В статически неопределимых балочных системах растянутыми могут оказаться верхняя и нижняя поверхности. Прилегающие к ним слои определенной толщины следует выполнить из фибробетона, а промежуток между ними заполнить бетоном.

Разновидностью фибробетона является стеклофибробетон. Ведомственные строительные нормы ВСН 56-97 [3] содержат указания по проектированию стеклофибробетонных конструкций. Наиболее рационально применение стеклофибробетона в тонкостенных элементах и конструкциях зданий и сооружений, для которых существенно важными являются следующие требования: снижение собственного веса, повышение трещиностойкости, обеспечение водонепроницаемости бетона и его долговечности (в том числе в агрессивных средах), повышение ударной вязкости и сопротивления истиранию.

При приготовлении стеклофибробетона применяется мелкозернистый бетон на плотном заполнителе по ГОСТ 8736, портландцементе по ГОСТ 10178 или глиноземистом цементе по ГОСТ 969, а также модифицированном портландцементе с ультрадисперсной кремнеземной добавкой или ВНВ. Для фибрового армирования мелкозернистого бетона на портландцементе и его разновидностях используются волокна из щелочестойкого стекла марки СЦ-6 в виде отрезков комплексных нитей рассыпающегося ровинга по ТУ 21-38-233-92.

Само по себе волокно отличается достаточно высокой прочностью на растяжение и имеет высокий модуль упругости. Целесообразно одновременное использование волокон разной длины, что способствует сокращению трещин на микро- и макроуровнях. Короткие, до 6 мм в длину, волокна позволяют уменьшить количество микротрещин, что значительно уменьшает концентрацию напряжений. Длинные, до 30 мм в длину, волокна уменьшают число дискретных микротрещин при высоких нагрузках. Благодаря сцеплению бетона с поверхностями волокон обеспечивается их совместная работа. Тем самым формируются качественно новые свойства такого материала как стеклофибробетон [4].

Примеры использования стеклофибробетона для тонкостенных конструкций рассмотрены в работах [5, 6]. Коэффициент армирования волокнами по объему рекомендуется принимать в пределах от 0,01 до 0,05. Допускается при экономическом обосновании принимать этот

коэффициент больше 0,05 при предъявлении к конструкции повышенных требований в части трещиностойкости.

При проектировании сборного железобетонного купола особое внимание обращается на прочность, долговечность и технологичность соединений и узлов. Рекомендуются следующие типы тонкостенных элементов из стеклофибробетона: а) для куполов пролетами 12–42 м ребристые плиты длиной 6 м с различной формой плана прямоугольного, трапециевидного и в виде равностороннего треугольника; б) для куполов пролетами до 12 м безреберные элементы в виде складок с ромбическим планом.

#### **Список литературы:**

1. Рабинович Ф.Н. Дисперсно армированные бетоны. М.: Стройиздат, 1989. 174 с.
2. Юрьев А.Г., Панченко Л.А., Лесовик Р.В. Волокнистые композиты в строительных конструкциях. Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. 90 с.
3. Проектирование и основные положения технологий производства фибробетонных конструкций (ВСН 56-97). М.: НИЦ «Строительство», 1997. 94 с.
4. Серых И.Р., Панченко Л.А. Оптимизация прочности стеклофибробетона / Эффективные строительные конструкции: теория и практика: сб. докл. 12-й Междунар. научно-техн. конф., Пенза: Приволжский дом знаний, 2012. С. 39-42.
5. Панченко Л.А. Использование стеклофибробетона для сферических куполов / Устойчивое развитие городов и новаций жилищно-коммунального комплекса: матер. 5-й Междунар. науч.-практ. конф. в 2 т. Т. 2., М.: МИКХиС, 2007. С. 108-111.
6. Юрьев А.Г. Оптимизация толщины сферической оболочки из стеклофибробетона / Устойчивое развитие городов и новаций жилищно-коммунального комплекса: матер. 5-й Междунар. науч.-практ. конф. в 2 т. Т. 2., М.: МИКХиС, 2007. С. 166-168.

## РАСЧЕТ ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТ С УЧЕТОМ СЛУЧАЙНЫХ СВОЙСТВ ОСНОВАНИЙ

**Юрьев А.Г., д-р техн. наук, проф.**

*Белгородский государственный технологический  
университет им. В.Г. Шухова*

**Хаммади Альшахи Т.А.А., аспирант**

*Московский государственный строительный университет*

Температурно-влажностный режим, уклоны поверхности, направления, скорости и силы ветра сказываются на мощностях слоев осадочных пород, степени их уплотнения, форме простираения. В точках грунтового массива его физико-механические характеристики не одинаковы. А поскольку вышеупомянутые факторы, влияющие на формирование свойств грунта, случайны, то и физико-механические характеристики массива носят случайный характер. Для оценки случайных величин требуется использование аппарата теории вероятностей, а для анализа случайных процессов – теории случайных функций.

Все виды грунтов оснований характеризуются значительной изменяемостью как физических (за исключением объемного веса), так и деформационных и прочностных характеристик – их коэффициент вариации находится в пределах 20-30%.

Статистические модели можно построить путем введения в детерминированные модели случайных компонентов. Они описывают их изменение в зависимости от некоторого случайного параметра, в качестве которого принимаются координаты плана сооружения, глубина деформируемой толщи основания, время и т.д.

Рассмотрим симметричный относительно центра изгиб упругой плиты, лежащей на сплошном упругом основании со свойствами, подчиняющимися гипотезе Винклера. Цилиндрическую жесткость пластинки обозначим через  $D$ . Координатная ось  $\rho$  расположена в срединной плоскости плиты, а ось аппликата направлена вниз. Внешняя нагрузка  $q(\rho)$  и коэффициент жесткости основания  $c(\rho)$  являются стационарными случайными функциями координат. Их средние значения соответственно равны  $q_0$  и  $c_0$ .

Для описания прогиба  $w(\rho)$  плиты, нагруженной силами  $q(\rho)$  и реакцией основания –  $cw$ , используем уравнение:

$$D\nabla^2\nabla^2w + cw = q, \quad (1)$$

которое вместе с условиями ограниченности решения на бесконечности описывает стохастическую краевую задачу относительно функции  $w(\rho)$ . Эта задача будет линейной по отношению к входу  $q(\rho)$  и нелинейной по отношению к входу  $c(\rho)$ . Определяя задачу как стохастически нелинейную, примем для ее решения метод малого параметра.

Полагаем неоднородности статистически малыми. Функции, входящие в уравнение (1), представим в виде

$$\left. \begin{aligned} q &= q_0 + \mu q_1(\rho); \\ c &= c_0 + \mu c_1(\rho), \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где  $\mu$  – малый параметр, который имеет формальный смысл и после выполнения всех выкладок принимается равным единице.

Решение уравнения (1) будем искать в виде ряда

$$w = w_0 + \mu w_1 + \mu^2 w_2 + \dots \quad (3)$$

Подставив выражения (2) и (3) в уравнение (1), получим рекуррентную последовательность линейных дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} D\nabla^2\nabla^2w_0 + c_0w_0 &= q_0; \\ D\nabla^2\nabla^2w_1 + c_0w_1 &= q_1 - c_1w_0; \\ D\nabla^2\nabla^2w_2 + c_0w_2 &= -c_1w_1; \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Решение первого уравнения, ограниченное на бесконечности, имеет вид  $w_0 = q_0/c_0$ .

Второе уравнение после введения функции однородности

$$r = q_1 - c_1w_0 \quad (5)$$

перепишем в виде

$$D\nabla^2\nabla^2w_1 + c_0w_1 = r. \quad (6)$$

В правой части стоит стационарная случайная функция  $r$  с математическим ожиданием, равным нулю. Для решения уравнения (6) применим метод спектральных представлений [1]. Представим правую часть уравнения (6) в виде стохастического интеграла Фурье:

$$r(\rho) = \int_{-\infty}^{\infty} R(k)e^{ik\rho} dk \quad (7)$$

где  $k$  – волновое число;  $R(k)$  – обобщенная случайная функция – спектр функции  $r(\rho)$ .

Для искомой функции введем аналогичное представление:

$$w_1(\rho) = \int_{-\infty}^{\infty} w_1(k)e^{ik\rho} dk \quad (8)$$

Связь между спектрами определим формулой

$$w_1(k) = \frac{R(k)}{k^4 D + c_0}, \quad (9)$$

а последующее соотношение между спектральными плотностями функций  $w_1(\rho)$  и  $r$  представим в виде

$$S_{w_1}(k) = \frac{S_r(k)}{(k^4 D + c_0)^2} \quad (10)$$

При достаточно малой неоднородности основания полученное приближение можно использовать для описания деформирования плиты и основания. Соответствующая корреляционная функция вычисляется по формуле

$$K_{w_1}(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{S_r(k)e^{ik\xi} dk}{(k^4 D + c_0)^2} \quad (11)$$

Спектральную плотность изгибающих моментов в сечениях плиты получим, используя правило дифференцирования случайных функций.

Оптимальное решение для фундамента получим, если реакции основания будут распределяться по тому же закону, по которому распределяется нагрузка на плиту от сооружения. В этом случае плита не подвергается изгибу. Это достигается, если толщину верхнего слоя основания сделать переменной по радиусу плиты  $R$ , исходя из условия, что верхняя поверхность слоя остается прямолинейной, а нижняя деформирована по закону для упругого полупространства от нагрузки, расположенной на участке плиты. Для этого вычислим интеграл

$$J = \int_0^R [q(\rho) - c(\rho)w]^2 d\rho = \min \quad (12)$$

Используем выражение (3) и представим в виде ряда коэффициент  $c(\rho)$ . Условие (12) будет выполнено, если частные производные  $J$  по каждому коэффициенту рядов обращаются в нуль. Полученное таким образом распределение реакций и коэффициента жесткости основания будет соответствовать определенному геологическому профилю грунта, на котором располагается песчаная подушка [2].

Определение расчетного сопротивления грунта проведем согласно п. 5.5.8 СП 50-101–2004 «Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений» [3].

#### **Список литературы:**

1. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. М: Стройиздат. 1985. 304 с.
2. Юрьев А.Г. Уменьшение фактора риска путем регулирования реакций основания под сооружение / Предотвращение аварий зданий и сооружений: сб. науч. тр. // НИИ «Промбезопасность», М.: НИИ «Промбезопасность», 2008. С.21-23.
3. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений: свод правил по проектированию и строительству. М.: ФГУПЦПП, 2005. – 130 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ОБЛАСТИ

---

---

<b>Аверкин Н.С., Тихомирова Т.И.</b> Развитие биоэнергетики в Белгородской области.....	3
<b>Беловодский Е.А., Щетинина И.А.</b> Применение биомассы в энергетике.....	6
<b>Богданов В.С., Несмеянов Н.П., Горшков П.С., Бражник Ю.В.</b> Спирально-лопастной смеситель с высокоскоростным режимом смешивания для сухих смесей.....	13
<b>Боровской А.В., Тихомирова Т.И.</b> Перспективы использования солнечной энергетики в Белгородской области.....	18
<b>Власова А.А., Тарасюк П.Н., Сухорослова В.В., Трубаев П.А.</b> Опыт энергосбережение при индивидуальном жилищном строительстве в Западной Европе.....	21
<b>Волков И.Г.</b> Современные теплоизоляционные материалы для тепловых сетей подземной прокладки в каналах.....	25
<b>Волобуева Я.В.</b> Опыт молодежного предпринимательства в научно-технической сфере региона.....	29
<b>Гладких Ю.П., Гребенюк А.А.</b> Влияние низких концентраций растворов $FeCl_3$ на твердение гипсовых суспензий.....	33
<b>Гладких Ю.П., Миженина А.В.</b> Ресурсоэнергосбережение при получении керамических вяжущих.....	39
<b>Гладких Ю.П., Перчун А.А.</b> Кинетика твердения гипсовых суспензий в переменных электрических полях.....	44
<b>Головкова О.Н., Требукова Н.С.</b> Двухстороннее прессование порошкообразных материалов на базе гидравлического пресса.....	50
<b>Дьяченко А.Д., Требукова Н.С.</b> Автоматизированная система управления технологическим процессом прессования керамических изделий.....	54
<b>Елистратова Ю.В., Семиненко А.С., Минко В.А.</b> Реконструкция систем обеспечения микроклимата жилых многоэтажных зданий.....	59
<b>Коверина А.Ю., Тихомирова Т.И.</b> Состояние и перспективы развития атомной энергетики в Белгородской области.....	64
<b>Кожевников В.П., Кулешов М.И., Губарев А.В., Мочалин А.А., Титаренко Р.Ю.</b> Использование конденсационных водогрейных	

котлов в автономных котельных в качестве теплогенераторов как альтернатива централизованному теплоснабжению .....	66
<b>Корнев М.В., Требукова Н.С.</b> Изучение математической модели определения поля распределения плотности в изделиях из порошкообразных смесей .....	74
<b>Кушнир А.В., Виноградов А.А.</b> Создание гибридных установок с интегрированием различных ВИЭ и комбинированным производством электроэнергии, тепла и холода .....	78
<b>Латыпова М.М.</b> Пути интенсификации работы городских очистных сооружений .....	85
<b>Литовченко Е.П.</b> Использование калибровочных таблиц в процессе ремонта транспортных средств .....	89
<b>Лукьянов Г.Д.</b> Физические процессы в горных породах при воздействии высокочастотного электромагнитного поля .....	94
<b>Мелихов С.В., Прокопенко В.С.</b> Анализ методики расчета границы разделения в сепараторах .....	99
<b>Михина О., Ярмош Т.С.</b> Использование систем солнечного освещения - современный способ решения проблемы инсоляции.....	102
<b>Муратова Е.Ю., Виноградов А.А.</b> Разработка геотермальных электростанций нового поколения .....	109
<b>Несмеянов Н.П., Горшков П.С., Валяев А.А.</b> Проблема уноса твердой фазы из псевдооживленного слоя при пневмомеханическом смешивании сыпучих материалов .....	114
<b>Нестеренко В.А., Паращук О.В.</b> Особенности применения ветроэнергетических установок .....	117
<b>Николов В.О., Грищенко Т.В., Чертов В.Г.</b> Повышение эффективности мобильных пневмотранспортных установок БГТУ ...	121
<b>Новиков И.А., Гай Л.Е.</b> Современные системы управления стояночными комплексами .....	128
<b>Новиков И.А., Кудинов Д.В.</b> Перспективы использования нового вида стекла при производстве автомобильного триплекса .....	132
<b>Овсянников Ю.Г., Агарков А.М., Локтионов И.С.</b> Базовые схемы очистки аспирационного воздуха рециркуляционных систем .	136
<b>Оксаниченко С.А., Виноградов А.А.</b> Разработка высокоэффективных преобразователей солнечной энергии в электрическую и тепловую .....	141
<b>Прокопишин Д.И., Семернин А.Н.</b> Применение программ математического моделирования для изучения естественнонаучных и профессиональных дисциплин .....	147

<b>Разумова Ю.К., Тихомирова Т.И.</b> О будущем теплоснабжения в Белгородской области.....	152
<b>Романов П.М., Виноградов А.А.</b> Применение реклоузеров для анализа и управления работой распределительных сетей 6-10 кВ .....	155
<b>Рошубкин П.В., Щербинина О.А., Щербинин И.А.</b> Использование статических синхронных компенсаторов в электрических сетях .....	159
<b>Севостьянов М.В., Шинкарев Л.И.</b> Анализ скоростных потоков шихты при питании вальцевых прессов .....	164
<b>Севостьянов М.В., Шинкарев Л.И., Бабуков В.А.</b> Расчет энергосиловых параметров пресс-валкового агрегата с устройствами для предварительного уплотнения шихты .....	168
<b>Семернин А.Н., Эсауленко И.В.</b> Исследование колебаний токонесущего провода натянутого в струну.....	172
<b>Семененко А.С., Попов Е.Н., Ващенко М.А.</b> Повышение эффективности аспирации при загрузке бункеров .....	175
<b>Сибирцева Н.Б., Потапенко А.Н., Литвиненко Р.С.</b> Возможности измерения уровня загрузки мельниц с учетом применения централизованных систем смазки опорных подшипников .....	185
<b>Сибирцева Н.Б., Потапенко А.Н., Хворостенко С.В.</b> Особенности измерения уровня загрузки мельниц на основе применения централизованных систем смазки .....	191
<b>Солдатенков А.С., Волков И.С.</b> Математическая модель управления автоматизированным индивидуальным тепловым пунктом.....	196
<b>Сухорослова В.В., Трубаев П.А.</b> Исследование основных тепловых характеристик цементного клинкера .....	201
<b>Сухорослова В.В., Тарасюк П.Н., Власова А.А., Трубаев П.А.</b> Сравнение энергосберегающих проектов индивидуального жилищного строительства для разных климатических зон .....	206
<b>Тарасюк П.Н., Власова А.А., Сухорослова В.В., Трубаев П.А.</b> Анализ структуры энергопотребления муниципальной городской клинической больницы № 1 г. Белгорода.....	213
<b>Тарасюк П.Н., Сухорослова В.В., Власова А.А., Трубаев П.А.</b> Анализ эффективности энергосберегающих мероприятий на примере белгородской городской больницы № 1 .....	217
<b>Тихомирова Т.И., Астахов А.И.</b> Перспективы развития альтернативных источников энергии в Белгородской области .....	224

<b>Тихомирова Т.И., Кожевников В.П., Рассолов Н.В.</b>	
Использование азраторов в системе водопотребления населения .....	230
<b>Ткаченко А., Виноградов А.А.</b> Анализ эффективности ветрогенераторов в Белгородской области.....	233
<b>Фурманов В.М., Виноградов А.А.</b> Создание технологий и оборудования для высокоэффективной передачи электроэнергии на дальние расстояния.....	245
<b>Цыбульский А.Б., Парашук О.В.</b> Солнечные батареи как возобновляемый источник энергии.....	251
<b>Чехунов Д.И., Виноградов А.А.</b> Сверхпроводимость .....	257
<b>Ширрине К.Ж., Чернявский О.С., Трубаев П.А.</b> Анализ электропотребления в муниципальных учреждениях Белгородской области .....	261
<b>Юрьев А.Г.</b> Золотая пропорция в природе и зодчестве .....	266
<b>Юрьев А.Г.</b> Оптимизация конструкций по топологии и геометрии ..	270
<b>Юрьев А.Г., Панченко Л.А., Серых И.Р.</b> Рациональное применение фибробетона.....	273
<b>Юрьев А.Г., Химмади Альшахи Т.А.А.</b> Расчет фундаментных плит с учетом случайных свойств оснований .....	276