

Лично я убежден в том, что человечество нуждается в ядерной энергии. Она должна развиваться, но при абсолютных гарантиях безопасности.

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

СПЕЦВЫПУСК



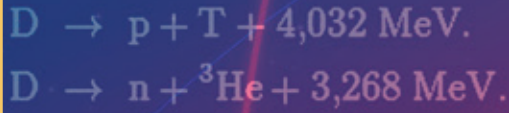
БАЛАКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (БИТИ НИЯУ МИФИ)

Региональная научно-практическая конференция «Энергоэффективность и энергосбережение» (27 ноября 2015)

Каждое разумное существо, оказавшись на краю пропасти, сначала старается отойти от этого края, а уж потом думает об удовлетворении потребности в безопасности. Для человечества отойти от края пропасти – это эволюционная задача.

УЧЁНЫЙ

ежемесячный научный журнал



$D + D \rightarrow p + T + 4,032 \text{ MeV.}$



Человеческому обществу необходима интеллектуальная свобода – свобода получения и распространения информации, свобода непредвзятого и бесстрашного обсуждения, свобода от давления авторитета и предрассудков.

Я отрицаю сколько-нибудь существенное устрашающее действие смертной казни на потенциальных преступников. Я уверен в обратном – жестокость порождает жестокость.

Прогресс неизбежен, его прекращение означало бы гибель цивилизации.

23.1

2015

ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 23.1 (103.1) / 2015

Спецвыпуск

БАЛАКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ – филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (БИТИ НИЯУ МИФИ)

Региональная научно-практическая конференция «Энергоэффективность и энергосбережение» (27 ноября 2015)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор: Ахметов Ильдар Геннадьевич, *кандидат технических наук*

Члены редакционной коллегии:

Ахметова Мария Николаевна, *доктор педагогических наук*

Иванова Юлия Валентиновна, *доктор философских наук*

Каленский Александр Васильевич, *доктор физико-математических наук*

Куташов Вячеслав Анатольевич, *доктор медицинских наук*

Лактионов Константин Станиславович, *доктор биологических наук*

Сараева Надежда Михайловна, *доктор психологических наук*

Авдеюк Оксана Алексеевна, *кандидат технических наук*

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, *кандидат географических наук*

Алиева Тарана Ибрагим кызы, *кандидат химических наук*

Ахметова Валерия Валерьевна, *кандидат медицинских наук*

Брезгин Вячеслав Сергеевич, *кандидат экономических наук*

Данилов Олег Евгеньевич, *кандидат педагогических наук*

Дёмин Александр Викторович, *кандидат биологических наук*

Дядюн Кристина Владимировна, *кандидат юридических наук*

Желнова Кристина Владимировна, *кандидат экономических наук*

Жуйкова Тамара Павловна, *кандидат педагогических наук*

Жураев Хусниддин Олтинбоевич, *кандидат педагогических наук*

Игнатова Мария Александровна, *кандидат искусствоведения*

Коварда Владимир Васильевич, *кандидат физико-математических наук*

Комогорцев Максим Геннадьевич, *кандидат технических наук*

Котляров Алексей Васильевич, *кандидат геолого-минералогических наук*

Кузьмина Виолетта Михайловна, *кандидат исторических наук, кандидат психологических наук*

Кучерявенко Светлана Алексеевна, *кандидат экономических наук*

Лескова Екатерина Викторовна, *кандидат физико-математических наук*

Макеева Ирина Александровна, *кандидат педагогических наук*

Матроскина Татьяна Викторовна, *кандидат экономических наук*

Матусевич Марина Степановна, *кандидат педагогических наук*

Мусаева Ума Алиевна, *кандидат технических наук*

Насимов Мурат Орленбаевич, *кандидат политических наук*

Прончев Геннадий Борисович, *кандидат физико-математических наук*

Семахин Андрей Михайлович, *кандидат технических наук*

Сенцов Аркадий Эдуардович, *кандидат политических наук*

Сенюшкин Николай Сергеевич, *кандидат технических наук*

Титова Елена Ивановна, *кандидат педагогических наук*

Ткаченко Ирина Георгиевна, *кандидат филологических наук*

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, *кандидат химических наук*

Яхина Асия Сергеевна, *кандидат технических наук*

Ячинова Светлана Николаевна, *кандидат педагогических наук*

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231. E-mail: info@moluch.ru; <http://www.moluch.ru/>.

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый»

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, 25

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г.

Журнал входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе elibrary.ru.

Журнал включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory».

Ответственные редакторы:

Кайнова Галина Анатольевна

Осянина Екатерина Игоревна

Международный редакционный совет:

Айрян Заруи Геворковна, кандидат филологических наук, доцент (Армения)

Арошидзе Паата Леонидович, доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор (Россия)

Бидова Бэла Бертовна, доктор юридических наук, доцент (Россия)

Борисов Вячеслав Викторович, доктор педагогических наук, профессор (Украина)

Велковска Гена Цветкова, доктор экономических наук, доцент (Болгария)

Гайич Тамара, доктор экономических наук (Сербия)

Данатаров Агахан, кандидат технических наук (Туркменистан)

Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор (Россия)

Демидов Алексей Александрович, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)

Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)

Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)

Игисинов Нурбек Сагинбекович, доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)

Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, кандидат педагогических наук, заместитель директора (Узбекистан)

Кайгородов Иван Борисович, кандидат физико-математических наук (Бразилия)

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)

Козырева Ольга Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Россия)

Колпак Евгений Петрович, доктор физико-математических наук, профессор (Россия)

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Лю Цзюань, доктор филологических наук, профессор (Китай)

Малес Людмила Владимировна, доктор социологических наук, доцент (Украина)

Нагервадзе Марина Алиевна, доктор биологических наук, профессор (Грузия)

Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)

Прокопьев Николай Яковлевич, доктор медицинских наук, профессор (Россия)

Прокофьева Марина Анатольевна, кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)

Рахматуллин Рафаэль Юсупович, доктор философских наук, профессор (Россия)

Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)

Сорока Юлия Георгиевна, доктор социологических наук, доцент (Украина)

Узаков Гулом Норбоевич, кандидат технических наук, доцент (Узбекистан)

Хоналиев Назарали Хоналиевич, доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)

Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)

Шарипов Аскар Калиевич, доктор экономических наук, доцент (Казахстан)

Художник: Шишков Евгений Анатольевич

Верстка: Голубцов Максим Владимирович

На обложке изображен Андрей Дмитриевич Сахаров (1921–1989) — советский физик-теоретик, общественный деятель, диссидент и правозащитник. Лауреат Нобелевской премии мира за 1975 год.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1 «ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ»

Горшенин А. С., Дворникова Е. А. Исследование влияния режимных и конструктивных факторов модели регулируемого конвективного теплообмена алюминиевых слитков при гомогенизации.....	1
Разуваев А. В., Костин Д. А. Особенности работы газопоршневых энергоустановок в энергетическом комплексе	4
Разуваев А. В., Кудашева И. О., Костин Д. А. Системы утилизации теплоты энергоустановок как способ энергосбережения	6
Разуваев А. В., Соколова Е. А. Экономическая эффективность работы энергетической установки.....	9

СЕКЦИЯ 2 «ИННОВАЦИИ, СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ В ЭНЕРГЕТИКЕ»

Буров В. Д., Теплов Б. Д. Повышение номинальной мощности и энергетической эффективности ПГУ в условиях высоких температур наружного воздуха путем впрыска воды в газоздушный тракт ГТУ.....	11
Вандышева А. А., Вандышев А. С. Снижение энергозатрат за счет применения конструктивной интенсификации процесса сепарации в противоточном циклоне.....	14

Вандышева А. А., Гафуров М. А. Ресурсосберегающие технологии в производстве обесфторенного кормового фосфата	16
Вандышева А. А., Миндубаев Д. К. Ресурсосберегающие технологии в производстве бетона, армированного базальтовыми волокнами	18
Горшенин А. С., Скурихин А. С. Идентификация критериального уравнения теплоотдачи экспериментальным данным при охлаждении алюминиевых слитков.....	19
Губатенко М. С., Шмаков Ю. Ю. Автономное устройство электроснабжения с гидроприводом	22
Денисенко И. П., Ливанова Т. В. Использование атомной энергетики в сельском хозяйстве.....	24
Денисенко И. П. Исследование теплообмена в поворотных камерах компактных змеевиков	25
Зульфугаров С. К., Вандышева А. А. Энергосберегающие технологии в переработке пластиковых отходов.....	28
Касилов В. Ф., Дудолин А. А., Низовой А. В., Руднев Н. А. Теплофикационный энергоблок с ядерным реактором СВБР-100 и использованием парогазовой технологии	30
Кривошеев В. Е., Рахимова Ю. И., Савельев Д. А. Методика выделения лучистой составляющей теплового потока	32
Магеррамова И. А., Ращепкина С. А. Применение базальтовой ваты в сооружениях АЭС	33
Мансурова Р. Р., Денисенко И. П. Компактный теплообменный аппарат.....	35
Разуваев А. В., Редько И. Я. Энергетическая безопасность объектов.....	37
Самсонов А. В., Самсонов А. А., Перов С. Я. Температурная стабилизация измерительного генератора шума	39
Устинов Н. А., Донцова М. А., Журавлева В. В. Складной ветродвигатель мобильной ветроэлектростанции.....	41

Устинов Н. А., Ковальчук Е. А.
 Погружная микроГЭС43

СЕКЦИЯ 3
**«ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ
 НАДЕЖНОСТЬ ЗДАНИЙ
 И СООРУЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ
 АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ»**

Бойчук С. В.
 Металлические ребристые панели в сооружениях
 атомной энергетики45

**Землянский А. А., Землянский Л. А.,
 Землянский К. А.**
 Инновационный способ энергоэффективного
 кольцевого армирования слабого грунта под
 экологически опасные и ядерные объекты46

Меланич В. М., Костикова Д. А.
 Алгоритм оценки состояния линейных
 динамических систем51

Ращепкина С. А., Андреева Н. В.
 Ребристое покрытие сооружений АЭС из
 облегченных панелей повышенной несущей
 способности52

Ращепкина С. А.
 Расчет инновационных цилиндрических
 оболочек объектов атомной энергетики54

СЕКЦИЯ 4
**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ,
 СОЦИАЛЬНЫЕ
 И ПРАВОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ
 И ПЕРСПЕКТИВЫ
 ПОВЫШЕНИЯ
 ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
 И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

Голова Т. А., Ключев М. А., Грабинский Д. А.
 Низкоэнергетический жилой дом для молодых
 специалистов58

Прутцкова С. В.
 Применение новых методов анализа затрат как
 инструмент повышения энергоэффективности
 энергетической компании61

Рахимова Ю. И.
 Формирование профессиональной
 компетентности энергосбережения у студентов
 теплоэнергетических факультетов64

Хилимов Ю. В., Толлок Е. С.
 Современный энергогород как субкультурный
 бренд65

СЕКЦИЯ 1

«ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ»

Исследование влияния режимных и конструктивных факторов модели регулируемого конвективного теплообмена алюминиевых слитков при гомогенизации

Горшенин Андрей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент;
Дворникова Елизавета Алексеевна, студент
Самарский государственный технический университет

Данная статья посвящена результатам исследования математической модели теплообмена между охлаждающим воздухом и алюминиевыми слитками с переменными факторами. На основании исследований модели теплообмена с постоянными режимными и конструктивными факторами авторами был сделан вывод, что постоянные режимные и конструктивные факторы не обеспечивают заданную скорость охлаждения и не позволяют оптимизировать процесс охлаждения. В данной статье исследуется теплообмен на слитке $d = 0,24$ мм и определяется как изменяется общее время охлаждения при изменении скорости охлаждающего воздуха W в течении времени и ширины канала δ .

Термическая обработка алюминиевых слитков имеет большое значения для снижения дендритной ликвации сплава, возникшей при его литье. Термическая обработка является одним из самых энергозатратных в тепловых технологиях. Задача снижения энергетических затрат является одной из приоритетных в современной энергетике. На величину энергетических затрат в процессе термической обработки оказывают влияние многие режимные и конструктивные факторы. Одним из видов термической обработки алюминия является гомогенизационный отжиг. Важным моментом после гомогенизации является скорость охлаждения слитка. Как известно, скорость охлаждения алюминиевых слитков после гомогенизации не должна превышать критическую. Одним из способов, позволяющим вести организованный процесс охлаждения слитков с заданной скоростью, является использование специальной камеры охлаждения.

Авторами рассматривались математические модели, описывающие теплообмен при охлаждении алюминиевых слитков воздухом в камере охлаждения. Обобщенная математическая модель для ряда, состоящего из нескольких алюминиевых слитков, имеет вид [1]

$$\begin{cases} t_{B_N} = t_{B_{(N-1)}} + \frac{c_{Pa}}{c_{Pe}} \frac{m_{a1}}{G_B} [(T_{(N-1)} - t_{B_{(N-1)}}) - (T_0 - t_{B_1}) \exp(-4 \cdot Bi \cdot Fo)] \\ T_N = t_{B_{N-1}} + (T_0 - t_{B_{N-1}}) \exp(-4 \cdot Bi \cdot Fo) \\ \frac{T}{\tau} \leq 70^\circ C / ч \text{ на отрезке } 500^\circ C - 300^\circ C \end{cases} \quad (1)$$

где t_{B_N} — температура воздуха после охлаждения слитка, T_N — температура алюминиевого слитка, $\frac{T}{\tau}$ — заданная скорость охлаждения слитков.

Данная модель позволяет провести исследование теплообмена при постоянных или переменных режимных и конструктивных факторах. Режимным фактором, влияющим на время охлаждения слитков, является только скорость охлаждающего воздуха. Конструктивными факторами являются диаметр слитка d и ширина канала δ .

Для снижения энергетических затрат необходимо исследовать теплообмен между охлаждающим воздухом и слитками и оптимизировать конструктивные и режимные факторы.

Авторами было выполнено исследование теплообмена при постоянных факторах [2]. На его основании следует вывод, что постоянные режимные и конструктивные факторы не обеспечивают заданную скорость охлаждения и не позволяют оптимизировать процесс охлаждения, поэтому необходимо изучить процесс теплообмена при переменных факторах.

Проведем исследование с помощью математической модели (1) на слитке $d = 0,24 \text{ м}$ и выясним как изменяется общее время охлаждения при изменении скорости охлаждающего воздуха W в течении времени и ширины канала δ . Исходными данными для расчета являются: начальные температуры охлаждения слитка T_0 и нагрева воздуха t_B , ширина канала δ , количество слитков в ряду n , длина слитка l , время охлаждения τ .

Расчет ведем при изменяющихся конструктивных факторах: диаметре слитков d и ширине канала δ . В процессе расчета задаем скорость охлаждающего воздуха W и определяем изменение температуры охлаждающего воздуха при омывании первого слитка и температуры первого слитка в течении времени. Далее определяем скорость охлаждения первого слитка. Если скорость охлаждения превышает критическую, то уменьшаем скорость охлаждающего воздуха и повторяем расчет, в противном случае охлаждаем первый слиток до 300°C . Затем переходим на регулирование процесса охлаждения по второму слитку, третьему и так далее. Как только последний слиток в ряду достигнет температуру 300°C скорость охлаждающего воздуха увеличиваем до максимально возможность.

По результатам расчета построены графики, представленные на рис. 1–3. На рисунках 1–3 показаны графики, отражающие зависимость температуры слитков от времени охлаждения при различной ширине канале δ , и сравнительный график (рис.4) скорости охлаждающего воздуха от времени охлаждения для трех значений ширины канала $\delta = 0,1 \text{ м}$; $\delta = 0,2 \text{ м}$, $\delta = 0,5 \text{ м}$.

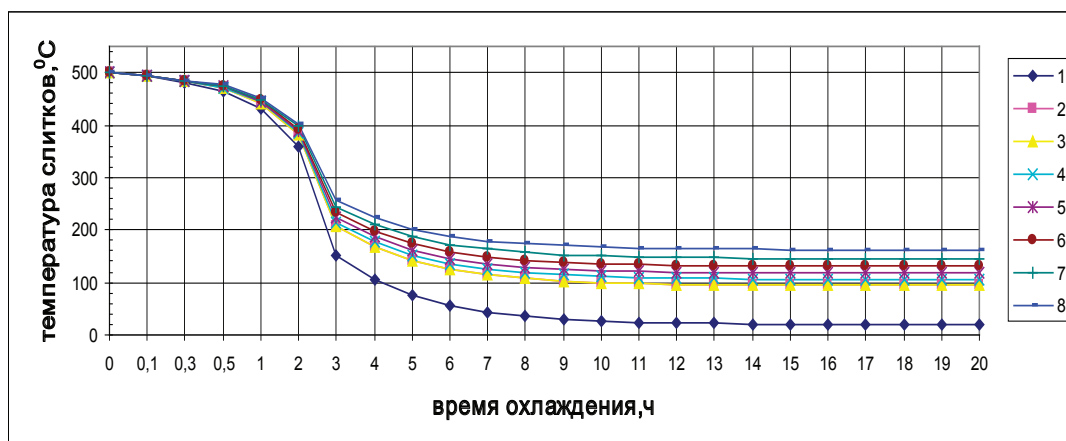


Рис. 1. Зависимость температуры слитков от времени охлаждения, $d = 0,24 \text{ м}$, $\delta = 0,1 \text{ м}$ (1,2,...,8 — номера слитков)

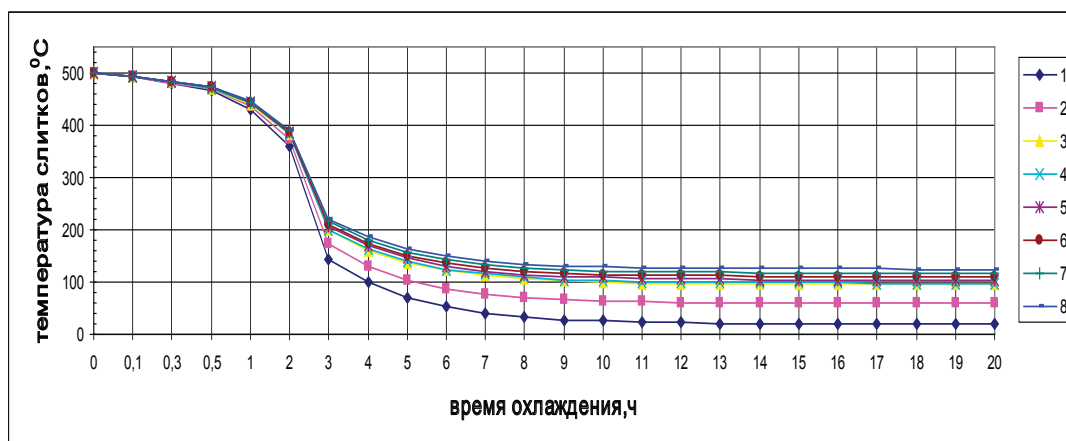


Рис. 2. Зависимость температуры слитков от времени охлаждения, $d = 0,24 \text{ м}$, $\delta = 0,2 \text{ м}$ (1,2,...,8 — номера слитков)

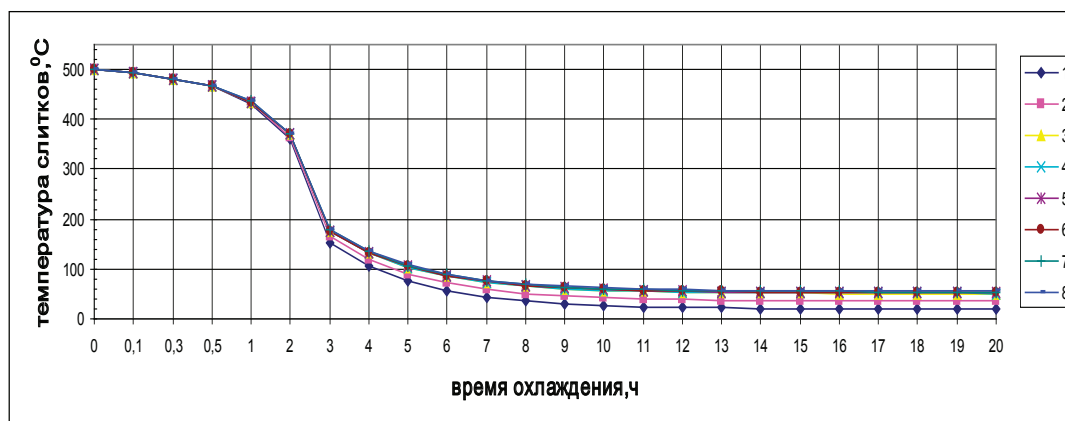


Рис. 3. Зависимость температуры слитков от времени охлаждения, $d = 0,24$ м, $\delta = 0,5$ м (1,2,...,8 — номера слитков)

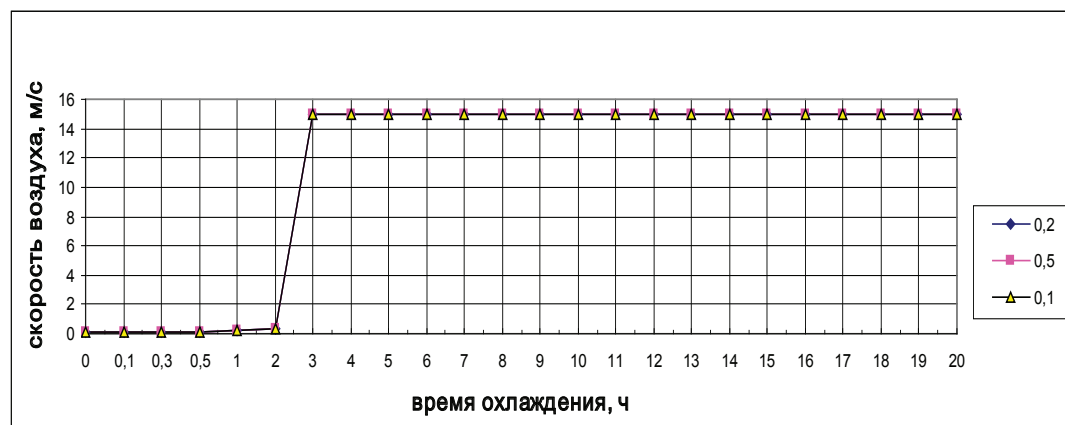


Рис. 4. Зависимости скорости охлаждающего воздуха от времени охлаждения для слитков $d = 0,24$ м, с различной шириной канала δ ($\delta = 0,1$ м, $\delta = 0,2$ м, $\delta = 0,5$ м)

Из рисунков 1–4 можно сделать следующие выводы:

1. Увеличение ширины канала δ ведет к более низкой конечной температуре слитков, что можно проследить на рис. 1–3. Это объясняется большим количеством охлаждающего воздуха, поступающего в канал. Также можно отметить, что при широком канале температура слитков в ряду почти одинакова (рис. 3).
2. Время охлаждения слитков до 300°C не зависит от размера канала δ и составляет $\approx 2,5$ ч. Об этом свидетельствуют рис. 1, 2, 3.
3. После определенного времени охлаждения температура слитков начинает очень слабо меняться во времени. Это можно объяснить тем, что в течении времени перепад температуры между слитками и воздухом становится все меньше.
4. Скорость охлаждающего воздуха в течении времени, необходимого для охлаждения слитков до 300°C , очень мала и составляет примерно $0,01 - 0,06$ м/с, о чем свидетельствует рис. 4. Расход охлаждающего воздуха при этом составит $\approx 400 - 1000$ м³/ч.

Проведенное исследование позволяет произвести оптимизацию конструктивных параметров, главным из которых является ширина канала δ . Комплексная оптимизация имеет цель получения наивыгоднейших режимных и конструктивных факторов и определения оптимального времени охлаждения слитков.

Литература:

1. Горшенин, А. С. Совершенствование процесса охлаждения алюминиевых слитков воздухом на основе моделирования регулируемого конвективного теплообмена: дис. ... канд. тех. наук: 05.14.04. — С., 2013. — 151 с.

2. Горшенин, А. С., Щелоков А. И. Исследование теплообмена при охлаждении алюминиевых слитков с постоянными режимными и конструктивными факторами для повышения энергоэффективности // Промышленная энергетика. 2012. № 10. с. 23–26.

Особенности работы газопоршневых энергоустановок в энергетическом комплексе

Разуваев Александр Валентинович, доктор технический наук, профессор;

Костин Дмитрий Александрович, ассистент

Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

В настоящее время все большую актуальность приобретают современные средства «Малой энергетики». Это объясняется тем, что в последние годы заметно ухудшилось состояние систем электро- и теплоснабжения городов России. Возросли потери тепловой энергии на транспорте и распределении теплоносителей вследствие износа систем транспортировки. Из-за дефицита финансовых ресурсов для замены и реконструкции источников и энергосетей увеличилось количество аварий, что приводит к снижению надежности и качеству энергоснабжения [1].

Поэтому сегодня применения средств Малой энергетики на базе поршневых двигателей для постоянного и резервного электро- и теплоснабжения различных объектов является особенно актуальным.

Малые электростанции на основе поршневых двигателей не только дешевы в строительстве. Их особенность в том, что тепло, выделяемое при производстве электроэнергии, тоже идет в дело — на отопление жилых домов, например. Прибавьте к этому низкий расход топлива, экологическую безопасность «всеядность» станции (она может работать на природном и попутном газе)

Основным преимуществом установок когенерации относительно установок раздельной выработки электрической и тепловой энергии является сокращение потерь энергии топлива. Сокращение потерь происходит как в самом процессе преобразования топлива в конечные энергоносители, так и в процессе транспортировки энергоносителей на более короткие расстояния, при выработке энергоносителей в точном соответствии с потребностью в них. Заметные преимущества имеют установки когенерации в экологическом плане — суммарные выбросы в атмосферу вредных компонентов от газовой турбины в составе установки когенерации всегда меньше выбросов этой же турбины и теплофикационного котла.

Рациональное использование энергоресурсов при производстве электроэнергии на основе поршневых двигателей невозможно без глубокой утилизации тепла отработавших газов, масла, охлаждающей жидкости. Именно на глубокой утилизации вторичных энергоресурсов основано действие когенерационных установок или мини-ТЭЦ. Применение установок данного типа позволяет увеличить коэффициент использования введенного в двигатель топлива до 85–90%, однако при их использовании

возникает ряд проблем, поскольку в отличие от электрической энергии использование тепловой носит более индивидуальный характер.

Мощность силовых установок, отдаваемая в сеть потребителя, не постоянна по времени [2]. Так, расход воды, подаваемой насосами в населенные пункты, уменьшается до минимума ночью, а в дневное время, особенно летом, он достигает наибольшей величины, расход газа в магистральных газопроводах, питающих промышленные районы, от начала рабочей недели увеличивается вплоть до субботы, а в воскресенье или праздничные дни он резко сокращается. Расход электроэнергии является наиболее характерным показателем производственно-трудовой деятельности и культурной жизни общества. На рис. 1 представлен график потребления электроэнергии населенным пунктом с развитым промышленным производством и культурными предприятиями (театры, кино, клубы, и пр.). Обычно минимум потребления приходится на периоды от 4 до 6 часов, максимум — на периоды от 8 до 16–17 часов с «провалом» с 11–12 до 13–14 часов, с пиковым потреблением с 19–20 до 23–24 часов. В разное время года потребление энергии, воды, газа также меняется и достигает максимума зимой (газ, электроэнергия) и минимумов в летнее время (для воды максимум потребления летом). Такая цикличность потребления неизбежна, она используется как фактор, позволяющий поддерживать техническое состояние энергетической установки (ЭУ) на необходимом уровне.

Каждая ЭУ является не только источником электроэнергии, но и ее потребителем для удовлетворения собственных нужд. Потребляется главным образом электрическая энергия, используемая для привода вспомогательных механизмов, обслуживающих собственно главные силовые агрегаты, для отопления, освещения, вентиляции и др. Чем больше мощность ЭУ, тем меньше относительное собственное потребление энергии. Как показывают расчеты, анализ потребления энергии на собственные нужды колеблется в пределах от 2% и более.

Кроме того, следует отметить, что выработка теплоты мини-ТЭЦ на базе газопоршневых ДВС зависит от нагрузки на ДВС, которая в свою очередь определяется потреблением электрической мощности объектом. Следовательно, необходимо знать также зависимость между

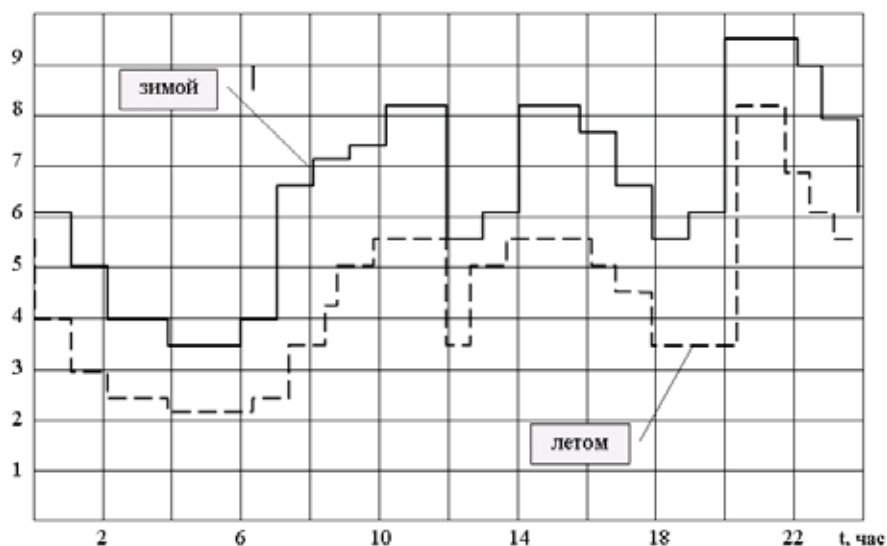


Рис. 1. График суточной загрузки дизельной электростанции

величиной вырабатываемой электрической энергии и величиной тепловой энергии, получаемой в результате отвода вторичного тепла от ДВС.

Это количество теплоты, получаемое от системы утилизации, можно определить по следующей формуле:

$$Q_{CV} = Q_m + Q_{охл.} + Q_r, \quad (1)$$

где Q_{CV} — теплота, получаемая от системы утилизации, Q_m — теплота, от охлаждающего масла ДВС, $Q_{охл.}$ — теплота, от системы охлаждения ДВС, Q_r — теплота, от выпускных газов ДВС.

На основании анализа данных, полученных в ходе экспериментальных испытаний газового двигатель-генератора ГДГ-90 на базе двигателя 6 ЧН 21/21 мощностью 500 кВт с частотой вращения коленчатого вала $16,67 \text{ с}^{-1}$ были получены следующие зависимости составляющих теплового баланса ГДГ от электрической мощности установки:

$$Q_m = 16,29 \cdot 10^{0,00157 \cdot P_e}, \quad (2)$$

где Q_m — теплота, отведенная с ОЖ в контуре ОНВ и масла, кВт.

$$Q_{о.г.} = 47,56 + 0,584 \cdot P_e, \quad (3)$$

где $Q_{о.г.}$ — теплота, отведенная с выхлопными газами, кВт.

$$Q_{о.ж.} = 51,97 + 0,49 \cdot P_e, \quad (4)$$

где $Q_{о.ж.}$ — теплота, отведенная с ОЖ от двигателя, кВт, P_e — электрическая мощность установки, кВт.

Представленные зависимости позволяют определить количество теплоты, вырабатываемое мини-ТЭЦ на любом режиме работы.

Таким образом, необходимо отметить специфику работы ДВС в составе ЭУ с выработкой переменного тока, которая заключается в том, что частота вращения коленчатого вала ДВС является величиной постоянной для обеспечения необходимой стабильной частоты тока. Данное обстоятельство говорит о необходимости повышенного требования к узлам и деталям данных ДВС. К основным и наиболее дорогостоящим узлам относится коленчатый вал. Поэтому повышение его надежности обеспечит надежность и когенерационной установки с ДВС в целом.

Также надежность энергоснабжения может повысить наличие резервного агрегата, который будет включаться при выходе из строя одного из основных или для покрытия пиковых нагрузок.

Литература:

1. Николаев, Ю. Е. Эффективность применения малых ТЭЦ с газовыми турбинами для энергоснабжения промышленных и коммунальных потребителей: учеб. пособие / Ю. Е. Николаев, С. В. Сизов. Саратов: Сарат. Гос. техн. ун-т, 2011. 68 с.
2. Ливенцев, Ф. Л. Силовые установки с двигателями внутреннего сгорания Л.: Машиностроение, 1969. 320 с.
3. Овсянников, М. К. Петухов В. А. Эффективность топливоиспользования в судовых дизельных установках. — Л.: Судостроение, 1984. — 96 с.
4. Разуваев, А. В. Поршневые двигатели внутреннего сгорания с высокотемпературным охлаждением. — Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т. — 2001. — 128 с.
5. Агафонов, А. Н., Разуваев А. В. Совершенствование характеристик энергетических установок на базе двигателей ЧН 21/21 объектов малой энергетики. — Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т. — 2006. — 148 с.

Системы утилизации теплоты энергоустановок как способ энергосбережения

Разуваев Александр Валентинович, доктор технических наук, профессор;

Кудашева Ирина Олеговна, кандидат технических наук, доцент;

Костин Дмитрий Александрович, ассистент

Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

Одной из важнейших проблем, стоящих сейчас перед энергетикой нашей страны, является истощение топливно-энергетических ресурсов, таких как нефть, природный газ, каменный уголь, на фоне все более интенсивного роста энергопотребления. Основными направлениями экономического развития России предусмотрена программа развития топливно-энергетического комплекса и экономии энергоресурсов. В частности, планируется переход на энергосберегающие технологии производств, сокращение всех видов энергетических потерь и повышение уровня использования вторичных энергоресурсов (ВЭР).

Значительная экономия топливно-энергетических ресурсов может быть достигнута при более широком вовлечении в топливно-энергетический баланс страны вторичных энергоресурсов, имеющих практически во всех отраслях промышленности, где применяются теплотехнические процессы, в первую очередь высокотемпературные. Коэффициент полезного теплоиспользования для многих процессов не превышает 15–35%.

ВЭР можно использовать в качестве топлива либо непосредственно (без изменения вида энергоносителя), либо за счет выработки теплоты, электрической энергии, холода, механической работы в утилизационных установках. Использованию ВЭР в последние годы уделяется значительное внимание. Вместе с тем вопросы рационального использования ВЭР освещены недостаточно.

Одним из рациональных направлений использования ВЭР является применение систем утилизации теплоты, в которые входят котлы-утилизаторы (КУ).

Котёл-утилизатор — устройство, передающее теплоту отходящих газов дизелей или газотурбинных установок, сушильных барабанов, вращающихся и туннельных печей другому теплоносителю, общий вид представлен на рис.1.

Применение котлов утилизаторов существенно повышает эффективность работы оборудования.

Котлы утилизаторы позволяют получать:

- горячую воду — применяются на объектах, испытывающих потребность в горячей воде и позволяют оптимизировать затраты на тепло, используя на полезные нужды тепло уходящих выхлопных газов котельных или газопоршневых электростанций;

- пар — применяются на объектах, использующих большое количество пара для технологических нужд.

К преимуществам паровых котлов-утилизаторов относится уменьшение отвода тепла в атмосферу и более эффективное использование топлива.

В зависимости от типа, котлы-утилизаторы могут быть: паровые и водогрейные; оснащенные дожигаемым устройством или без него; одного, двух или трех уровней давлений; вертикального и горизонтального профиля; подвесные и самоопорные.

При работе котла в качестве парового, (рис.2) — барабан заполняется водой только до середины. В последнем случае пар, выделяющийся из воды, поступает в па-



Рис. 1. Котёл-утилизатор

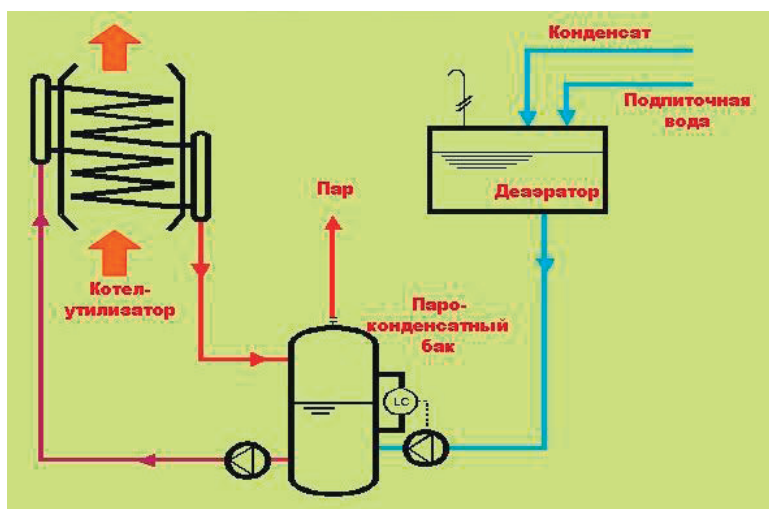


Рис. 2. Принцип работы парового КУ

ровое пространство, откуда через патрубок, находящийся в верхней части барабана, или из сухопарника отводится к потребителю. Пополнение испарившейся воды производится по специальной трубе.

Водогрейный КУ (рис. 3.) служит для получения горячей воды для использования в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Водогрейные котлы-утилизаторы обычно называются утилизационными экономайзерами, или подогревателями.

Применение паровых котлов утилизаторов в промышленности, строительстве и сельском хозяйстве позволяет реализовывать энергосберегающие технологии.

Крупные котлы-утилизаторы не имеют всех элементов котлоагрегата. Отходящие вторичные газы попадают сразу на поверхности нагрева (экономайзер, испаритель, пароперегреватель). Воздухоподогреватель и топка в котлах-утилизаторах отсутствуют, так как газы, используемые в котле, образуются в технологическом процессе ос-

новного производства. Температура газов, поступающих в энергетический котел-утилизатор, приблизительно составляет 350–700°С.

Большое разнообразие конструкций котлов-утилизаторов и энерготехнологических агрегатов объясняется, прежде всего различными местными условиями их применения. Так, например, на химических производствах есть установки, в которых энергетический агрегат работает при давлении охлаждаемых газов до 0.7 МПа (7 кгс / см²); давление же газов в 0.1–0.15 МПа (1–1,5 кгс / см²) встречается весьма часто.

В некоторых конструкциях котлов-утилизаторов типа ГТКУ имеются два отсека, в которых расположены газотрубные секции. Для регулирования расхода отходящих газов внутри котла установлен перепускной (байпасный) газоход с шибером. Все газовые трубы защищены от износа предохранительными гильзами из стали марки X17.

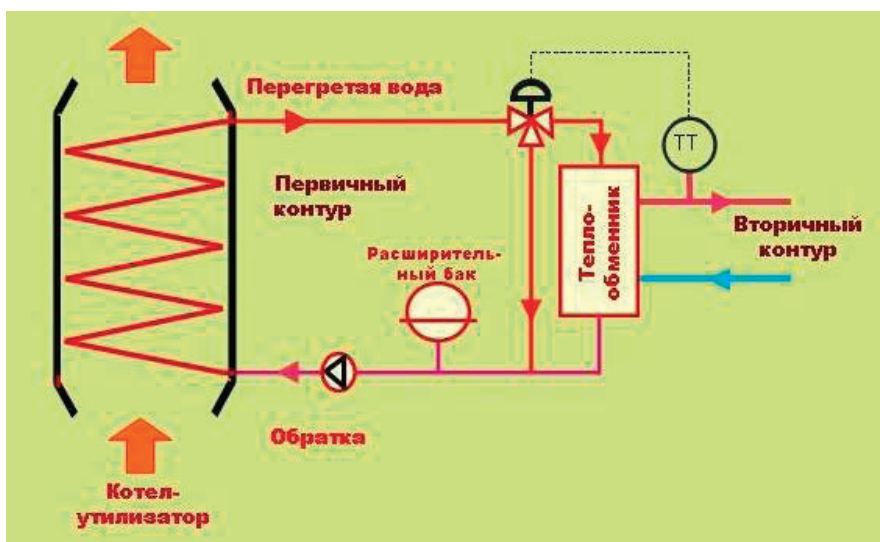


Рис. 3. Схема работы водогрейного КУ

Конструкция котла обеспечивает хорошую герметизацию агрегата. Испарительные элементы, расположенные в печи и газоходах котла, объединены в общий циркуляционный контур.

Отходящие газы после сушки или обжига материалов содержат много пыли и других химических веществ, что вызывает необходимость очистки газов до котла-утилизатора.

Наиболее часто для очистки используют циклоны и электрофильтры. Этой очистки все равно не хватает для полного очищения газов. Пыль оседает на поверхности нагрева и малейшая протечка увлажняет пыль и значительно уменьшает теплоотдачу, что вызывает неравномерный нагрев и влечёт перекос змеевиков.

Присутствие в газах соединений кальция, натрия, серы приводят к образованию на змеевиках сцементированных

отложений, вызывающих химическую коррозию поверхностей нагрева и снижающих живое сечение для прохода газов. В настоящее время стали появляться котлы-утилизаторы, которые содержат камеру дожигания отходящих газов.

Чтобы устранить оседание частиц сажи на рабочих поверхностях котла, следует предусмотреть высокие скорости газа. Опыты показывают, что котел-утилизатор работает удовлетворительно при скорости газа в трубах не менее 25–30 м/сек. При этих скоростях газовый поток находится в режиме так называемого самообдува теплообменных поверхностей, так что сажа не оседает на них. Использование обычно применяемых в промышленности паровых котлов, без учета указанных особенностей теплоносителя, не дает желаемых результатов.

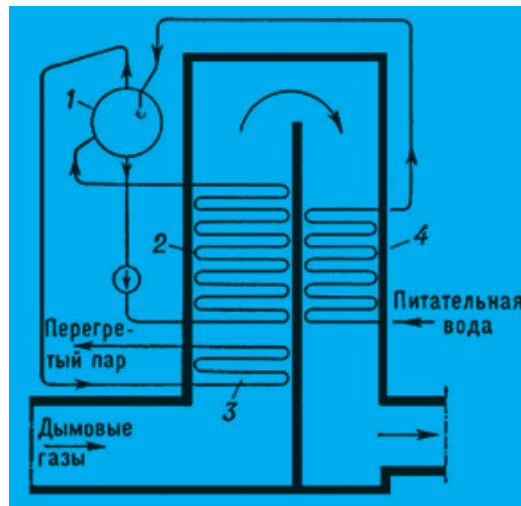


Рис. 4. КУ с принудительной циркуляцией

Схема котла-утилизатора с принудительной циркуляцией (рис.4.): 1 — барабан; 2 — испарительная часть; 3 — пароперегреватель; 4 — водяной экономайзер.

Для малых производительностей и низких давлений применяются котлы-утилизаторы газотрубные либо с многократной принудительной циркуляцией, реже — прямоточные сепараторные и барабанные котлы-утилизаторы с естественной циркуляцией.

Литература:

1. Агафонов, А. Н., Сайданов В. О., Гудзь В. Н. Комбинированные энергоустановки объектов малой энергетики. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005. — 262 с.
2. Андрищенко, А. И. Основы термодинамики циклов теплоэнергетических установок. — М.: высшая школа, 1985. — 319 с.
3. Разуваев, А. В. Поршневые двигатели внутреннего сгорания с высокотемпературным охлаждением. — Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2001. — 128 с.
4. Агафонов, А. Н., Разуваев А. В. Совершенствование характеристик энергетических установок на базе двигателей ЧН 21/21 объектов малой энергетики — Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2006. — 148 с.
5. Петриченко, Р. М., Аверьянов В. К. Системы жидкостного охлаждения быстроходных ДВС. — Л.: Машиностроение, 1975. — 287 с.

6. Селиверстов, В. И. Утилизация тепла в судовых дизельных установках. — Л.: Судостроение, 1973. — 218 с.
7. Кривов, В. Г., Агафонов А. Н. Предложения по созданию комбинированных малых теплоэлектроцентралей на базе поршневых и газотурбинных двигателей с утилизацией теплоты // Двигателестроение. — 1998. — № 2. — с. 3–5.

Экономическая эффективность работы энергетической установки

Разуваев Александр Валентинович, доктор технический наук, профессор;

Соколова Елена Анатольевна, ассистент

Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

В условиях роста цен на углеводородное топливо и ужесточения требований экологической безопасности при эксплуатации энергетических установок на базе поршневых машин повышение их топливной экономичности и улучшение экологических показателей работы являются актуальными задачами.

Как показывает анализ литературных данных по повышению эксплуатационной экономичности энергетической установки на базе поршневого двигателя, одним из таких мероприятий является обеспечение повышенного температурного режима вне зависимости от ее нагрузки [1,2]

С этой целью была разработана и затем запатентована система жидкостного охлаждения [3], в последствии получившая название модернизированная, обеспечивающая работу поршневой машины при стабильном, не зависящем от нагрузки на двигатель повышенном температурном режиме.

Для расчета экономической эффективности применения модернизированной системы охлаждения на энергетической установке необходимы следующие данные:

- график изменения нагрузки поршневой машины за определенный календарный промежуток времени (сутки, месяц, год и т.д.),
- график изменения удельного расхода топлива в зависимости от нагрузки при работе поршневой машины в штатном режиме (по технической документации),
- график изменения удельного расхода топлива в зависимости от нагрузки при работе поршневой машины с повышенным температурным режимом охлаждающей жидкости (по экспериментальным или экспертным оценкам),
- данные о стоимости топлива, используемого для поршневой машины (газ, дизельное топливо) на текущий момент времени,
- нормы удельных средневзвешенных выбросов NO_x, CO, CH_x,

Расчет экономической эффективности, полученной при снижении удельного расхода топлива при переводе поршневой машины на повышенный температурный режим охлаждения в зоне рабочих нагрузок и снижения вредных выбросов в атмосферу от несгоревшего топлива:

$$\Theta_{\tau} = \Pi_{\tau} B_{\text{эк}} + \Pi_{\text{э}}, \quad (1)$$

где $B_{\text{эк}}$ — суммарная экономия топлива за рассматриваемый период эксплуатации энергетической установки (сутки, месяц, год),

Π_{τ} — цены на органическое топливо на текущий период времени,

$\Pi_{\text{э}}$ — снижение платы за вредные выбросы в атмосферу

Суммарную экономию топлива за рассматриваемый период эксплуатации энергетической установки $B_{\text{эк}}$ рассчитывают по формуле:

$$B_{\text{эк}} = \sum_{i=1}^n [Pe^i (q_e^i - q_e^{i'})], \quad (2)$$

где Pe^i — нагрузка, при которой работает энергетическая установка в данный период времени согласно графика нагрузки, кВт,

t^i — время работы поршневой машины с нагрузкой Pe^i , час.,

q_e^i — удельный расход топлива при работе поршневой машины в штатном режиме с нагрузкой Pe^i , г/кВт час.,

$q_e^{i'}$ — удельный расход топлива при работе поршневой машины при повышенном температурном режиме охлаждающей жидкости с той же нагрузкой г/кВт час.,

i — порядковый номер нагрузочного режима Pe ,

n — число нагрузочных режимов, определяемое по графику изменения нагрузки поршневой машины.

В данном случае экономический эффект рассчитывается только от полученного снижения эксплуатационного расхода топлива и снижения при этом вредных выбросов в атмосферу от несгоревшего топлива. Для более детального расчета этого параметра необходимо учитывать затраты на применение теплового аккумулятора и системы автоматического управления данной системой.

Снижение расхода топлива у поршневых машин ведет к снижению количества вредных выбросов в атмосферу с выхлопными газами, а следовательно, к снижению затрат на экологическую составляющую.

Расчет экономической эффективности от снижения вредных выбросов в атмосферу $\Pi_{\text{э}}$, руб/т:

$$\Pi_{\Sigma} = \Pi_{\text{NOx}} + \Pi_{\text{CO}} + \Pi_{\text{CHx}}, \quad (3)$$

где Π_{NOx} — снижение затрат на экологическую составляющую в связи с уменьшением выбросов в атмосферу окислов азота, руб/т:

$$\Pi_{\text{NOx}} = P_{\text{эк}} e_{\text{NOx}}^P K_{\Sigma} \Pi_{\text{NOx}} / 10^6 \quad (4)$$

Π_{CO} — снижение затрат на экологическую составляющую в связи с уменьшением выбросов в атмосферу окиси углерода, руб/т:

$$\Pi_{\text{CO}} = P_{\text{эк}} e_{\text{CO}}^P K_{\Sigma} \Pi_{\text{CO}} / 10^6, \quad (5)$$

Π_{CHx} — снижение затрат на экологическую составляющую в связи с уменьшением выбросов в атмосферу углеводородов, руб/т:

$$\Pi_{\text{CHx}} = P_{\text{эк}} r e_{\text{CHx}}^P K_{\Sigma} \Pi_{\text{CHx}} / 10^6, \quad (6)$$

где $P_{\text{эк}}$ — номинальная мощность энергетической установки, кВт

$e_{\text{NOx}}^P, e_{\text{CO}}^P, e_{\text{CHx}}^P$ — норма удельных средневзвешенных выбросов NOx, CO, CHx по ГОСТ Р 51249, г/кВт час.,

K_{Σ} — коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние атмосферного воздуха и почвы) по территориям экономических районов РФ,

$\Pi_{\text{NOx}}, \Pi_{\text{CO}}, \Pi_{\text{CHx}}$ — цена за выброс в атмосферу соответственно NOx, CO, CHx в соответствии с постановлением Правительства РФ № 344 от 12.6.2003.

τ — время работы энергетической установки на экономном топливе при номинальной нагрузке.

Таким образом, представленный алгоритм расчета экономической эффективности работы энергетической установки на базе поршневой машины с модернизированной системой жидкостного охлаждения позволяет уже на стадии проектирования сделать выводы об экономической целесообразности ее применения.

Литература:

1. Разуваев, А. В., Разуваева Е. А., Соколова Е. А. Повышение эффективности энергетических установок // ВЕСТНИК Саратовского государственного технического университета № 3 Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2010. С 150–159. (ISSN 1999–8341)
2. Разуваев, А. В., Соколова Е. А. Экспериментальное исследование системы охлаждения дизеля 6ЧН 21/21 // ВЕСТНИК Саратовского государственного технического университета № 1 (69) Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2013. С 222–229. (ISSN 1999–8341)
3. Патент РФ № 2493385 Разуваев А. В., Терехин А. Н., Соколова Е. А. Система жидкостного охлаждения тепловой машины
4. Разуваев, А. В., Соколова Е. А. Определение емкости теплового аккумулятора модернизированной системы охлаждения поршневой машины/ Научно-технический, информационно-аналитический и учебно-методический журнал «Энергобезопасность и энергосбережение» № 4 2004 С16–19, ISSN 2071–2219

СЕКЦИЯ 2

«ИННОВАЦИИ, СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ В ЭНЕРГЕТИКЕ»

Повышение номинальной мощности и энергетической эффективности ПГУ в условиях высоких температур наружного воздуха путем впрыска воды в газоздушный тракт ГТУ

Буров Валерий Дмитриевич, кандидат технических наук, профессор;

Теплов Борис Дмитриевич, аспирант

Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»

Мощность ГТУ пропорциональна, в основном, расходу воздуха в компрессоре и соответствует номинальному значению при стандартных внешних условиях: температуре наружного воздуха $t_{\text{нв}} = +15^{\circ}\text{C}$, барометрическому давлению 101,3 кПа и относительной влажности $\varphi = 60\%$. Энергетические ГТУ могут работать в интервале температур $t_{\text{нв}}$ от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$ и их мощности при $t_{\text{нв}} < 15^{\circ}\text{C}$ больше, а при $t_{\text{нв}} > 15^{\circ}\text{C}$ меньше номинального значения. Одновальные энергетические ГТУ с расходом воздуха 500...900 кг/с применяются в составе высокоэкономичных ПГУ мощностью 350...750 МВт и такое летнее снижение мощности одного энергоблока исчисляется несколькими десятками МВт. Использование ГТУ и ПГУ в энергетике расширяется, и даже для продолжительности летнего периода 3...4 месяца экономические потери от сокращенной выработки электроэнергии с самым низким удельным расходом топлива оказываются весьма значительными. Эти потери возникают при прохождении максимумов нагрузки энергосистемы с неизменным участием маневренных ПГУ на природном газе.

Стабилизировать номинальную мощность современных ГТУ при $t_{\text{нв}} > 15^{\circ}\text{C}$ за счет повышения начальной температуры газов нецелесообразно из-за ускоренного истощения долговечности дорогостоящих охлаждаемых деталей горячего тракта. Без таких последствий форсировать мощность ГТУ в часы пик способен энергетический ввод пара. Однако, в условиях ПГУ прирост ее мощности на 1% вводимого пара в 1,5...2,0 раза меньше, чем для автономной ГТУ с утилизацией теплоты отработавших газов без паровой турбины.

Поддержать номинальную мощность ГТУ в теплое время года позволяет контактно-испарительное водяное

охлаждение циклового воздуха. Полезное уменьшение его температуры перед сжатием зависит от влагопоглощающей способности наружного воздуха и будет наибольшим, если этот воздух является горячим и сухим. Если воздух горячий и влажный ($\varphi = 80...90\%$) или умеренно теплый $20...25^{\circ}\text{C}$ и влажный $\varphi = 50...70\%$, то из-за ограничения влагопоглощающей способности эффективность его предохлаждения уменьшается в несколько раз и повышение мощности ГТУ оказывается малозначительным. В этом случае поток воздуха будет избыточно увлажняется каплями воды, которые полностью не испаряются до компрессора. Вся поверхность входного тракта смачивается этими каплями, что приводит к образованию тонкой пленки жидкости, которая перемещается по направлению потока воздуха, и по мере утолщения срывается и подхватывается этим потоком. При ускоряющемся движении воздуха пленки жидкости фрагментируются в более крупные капли, чем первоначальные размером 20...40 мкм. Повторная фрагментация жидкости происходит и при срыве ее пленок с поверхности каждой лопасти ВНА непосредственно перед вращающимися рабочими лопатками. До них крупные капли могут еще отставать от основного потока и с учетом относительного движения скорость столкновения лопаток с каплями увеличивается до эрозионноопасной. Применение специального антиэрозионного покрытия для наиболее длинных рабочих лопаток компрессора значительно увеличивает их стоимость. Отмеченные негативные последствия препятствуют применению контактно-испарительного водяного охлаждения циклового воздуха ГТУ, которые эксплуатируются в умеренно-теплом климате.

Исключить повторную вредную фрагментацию охлаждающей воды во входном тракте компрессора возможно организовав подвод охлаждающей воды в проточную часть компрессора. Наиболее простым и дешевым путем является ввод воды в первые ступени компрессора в количестве до 2–2,5% от расхода воздуха.

Расчетный анализ влияния впрыска воды в первую ступень компрессора ГТУ на характеристики парогазового энергоблока выполнен с использованием математической модели ПГУ-410 Невинномысской ГРЭС, включающей в себя модели ГТУ, паротурбинной установки и котла-утилизатора. В основу расчетной модели ГТУ положены уравнения сохранения энергии и массы, а также экспериментальные характеристики, полученные при статистической обработке результатов тепловых испытаний ГТУ SGT5–4000F Невинномысской ГРЭС [1] в широком диапазоне нагрузок, наружных температур и углов установки ВНА компрессора. В алгоритме расчета переменного режима ГТУ используются экспериментальные обобщенные зависимости, необходимые для построения универсальной характеристики компрессора, а также экспериментальные зависимости для расчета КПД турбины, сопротивлений входного тракта, выхлопного тракта, тракта компрессор-турбина, потерь электрической мощности. Модель паровой части ПГУ-410 составлена с использованием программной среды Boiler Designer. Достоверность расчетной модели ПГУ-410 проверена сопоставлением результатов расчета эксплуатационных режимов с результатами тепловых испытаний ПГУ-410 Невинномысской ГРЭС.

Расчеты режимов работы ГТУ с впрыском воды в первую ступень компрессора выполнены при следующих основных допущениях [2]:

- охлаждения воздуха перед компрессором не происходит, а поскольку удельный объем впрыскиваемой воды достаточно мал, в расчетах принято, что ввод воды не оказывает влияния на работу первых ступеней компрессора и их обобщенные характеристики;
- наличие воды и её испарение в проточной части компрессора не оказывают влияния на КПД ступеней компрессора;

- нагрев жидкости и её испарение происходит в межвенцовых зазорах каждой ступени и заканчивается при достижении состояния термодинамического равновесия;
- испарение воды в проточной части компрессора происходит по линейному закону;
- впрыск воды в газо-воздушный тракт ГТУ не влияет на температуру выхлопных газов ГТУ.

При вводе воды на вход компрессора и осуществлении “влажного сжатия” воздуха происходит его постепенное охлаждение за счет испарения впрыснутой влаги и процесс сжатия в каждой ступени смещается в h, s — диаграмме влево. Значение коэффициента изоэнтропии снижается и на сжатие охлажденного воздуха затрачивается меньшая работа. Теплоемкость газов, а следовательно, и располагаемый теплоперепад в турбине при возрастании степени увлажнения газов увеличиваются, вызывая увеличение внутренней мощности турбины. Таким образом, прирост электрической мощности ГТУ при вводе воды в проточную часть компрессора обусловлен увеличением внутренней мощности турбины с одновременным снижением мощности, затрачиваемой на привод компрессора, и сопровождается увеличением КПД ГТУ.

При увеличении температуры окружающей среды уменьшение расхода воздуха, сжимаемого в компрессоре, вызывает уменьшение располагаемой мощности ГТУ и ПГУ (рис.1). При температуре наружного воздуха равной 15°C мощность ГТУ и ПГУ составляет 280 и 420,8 МВт соответственно. При повышении этой температуры до 30°C мощность ГТУ снижается до 260 МВт, мощность ПГУ — до 394,4 МВт, т.е. на 20 и 25,6 МВт соответственно. При температуре наружного воздуха равной 30°C впрыск воды в первую ступень компрессора ГТУ в количестве 1% от расхода сжимаемого в нем воздуха позволяет стабилизировать электрическую мощность ПГУ на номинальном значении и повысить КПД ПГУ на 0,5% (табл. 1). При этом прирост мощности ГТУ составляет 23 МВт (или 8,1%), а прирост мощности паровой турбины — 2,9 МВт. Таким образом, увеличение мощности ПГУ определяется главным образом приростом мощности ГТУ при форсировании путем впрыска воды в её газозоудушный тракт.

Таблица 1. Показатели ПГУ-410 при форсировании её мощности путем ввода воды в компрессор ГТУ

$t_{вв}, ^\circ\text{C}$	15			30		
	0	1	2	0	1	2
$d_{\text{впр}}, \%$	0	1	2	0	1	2
$G_{\text{впр}}, \text{кг/с}$	0	7.1	14.3	0.0	6.9	13.8
$N_{\text{ГТУ}}, \text{МВт}$	280	304	323	260	283	301
$\delta N_{\text{ГТУ}}, \%$	0	7,4	14,1	0	8,1	15,8
$\eta_{\text{ГТУ}}, \%$	39,5	39,7	39,8	39	39,3	39,4
$N_{\text{ПГУ}}, \text{МВт}$	140,8	143,7	146,7	134,4	137,3	140,2
$\eta_{\text{ПГУ}}, \%$	36,0	36,8	37,6	34,8	35,5	36,2

$\eta_{кУ},\%$	84,2	83,8	83,3	83,9	83,5	83,0
$N_{ПГУ}, МВт$	420,8	447,7	469,7	394,4	420,3	441,2
$\delta N_{ПГУ},\%$	0,0	5,7	10,8	0,0	6,1	11,9
$\eta_{ПГУ},\%$	57,9	58,3	58,7	56,8	57,3	57,6
$\Delta\eta_{ПГУ},\%$	0,0	0,4	0,8	0,0	0,5	0,8

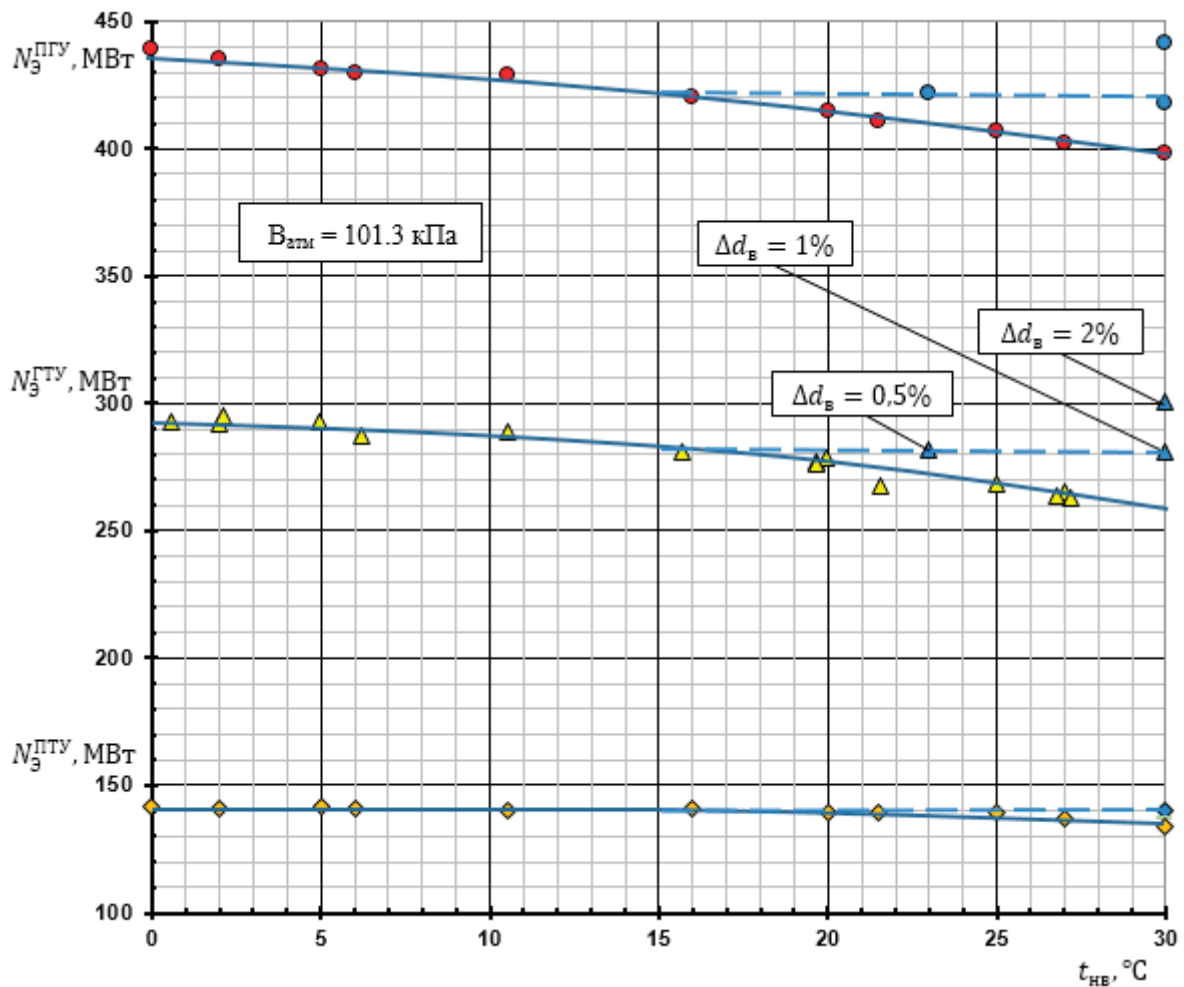


Рис. 1. Зависимости электрической мощности ГТУ, ПТУ и ПГУ от температуры наружного воздуха

Литература:

1. Ольховский, Г.Г., Радин Ю.А., Туз Н.Е., Мельников В.А. Тепловые испытания газотурбинной установки мощностью 280 МВт. // Электрические станции. 2014, № 5. с. 19–24.
2. Серeda, С.О., Гельмедов Ф.Ш., Сачкова Н.Г. Расчетные оценки изменения характеристик многоступенчатого компрессора под влиянием испарения воды в его проточной части. // Теплоэнергетика. 2004, № 11. с. 60–65.

Снижение энергозатрат за счет применения конструктивной интенсификации процесса сепарации в противоточном циклоне

Вандышева Анна Александровна, ассистент; Вандышев Алексей Станиславович, студент
Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

Циклоны находят применение в самых различных отраслях промышленности: в черной и цветной металлургии, химической и нефтяной промышленности, промышленности строительных материалов, энергетике и др.

При небольших капитальных затратах и эксплуатационных расходах циклоны в зависимости от характеристик улавливаемой пыли, типа и режима работы циклона обеспечивают эффективность очистки газов 80–95%.

Циклоны могут использоваться как для предварительной очистки газов и устанавливаться перед тканевыми фильтрами, или электрофильтрами, так и самостоятельно.

Подобные пылеочистные аппараты широко применяются для сухой очистки газов, выделяющихся при некоторых технологических процессах (сушка, обжиг, агломерация, сжигание топлива и т.д.). Принцип действия циклонов основан на выделении частиц пыли из газового потока под воздействием центробежных сил, возникающих вследствие вращения потока в корпусе аппарата.

Применяют правые (направление потока воздуха — по часовой стрелке, если смотреть сверху) и левые (направление потока воздуха — против часовой стрелки, если смотреть сверху) циклоны. Циклоны обычно подразделяются на высокоэффективные и высокопроизводительные.

Аппараты первого типа отличаются более высокой эффективностью, но требуют больших затрат времени на осуществление процесса очистки, вторые имеют небольшое гидравлическое сопротивление, отличаются большой производительностью, но одновременно хуже улавливают мелкие частицы пыли.

Улавливание пыли в циклонных аппаратах основано на использовании центробежных сил. Пылегазовый поток с большой скоростью по касательной поступает в цилиндрическую часть корпуса циклона, и совершает движение по нисходящей спирали. Под действием центробежной силы, возникающей при вращательном движении потока, пылевидные частицы перемещаются к стенкам циклона.

Эффективность очистки газа η в циклоне в основном определяется его типом, размером, дисперсным составом и плотностью частиц улавливаемой пыли, а также вязкостью газа. С уменьшением диаметра циклона и повышением до определенного предела скорости газа в циклоне эффективность очистки η возрастает.

Циклоны просты в разработке и изготовлении, надёжны, высокопроизводительны, имеют довольно низкое гидравлическое сопротивление, могут использоваться для

очистки агрессивных и высокотемпературных газов и газовых смесей.

Интенсификация циклонного процесса в основном связана с совершенствованием конфигурации конструктивных элементов циклона (корпуса, входного патрубка, верхней крышки, выхлопной трубы).

При проектировании решаются две основные задачи: распределение общего потока выбросов по газоочистительным аппаратам, если они установлены в параллель, и распределение газопылевого потока внутри аппаратов.

Формирование потоков связано с режимами их движения, определяемыми, как известно, числом Рейнольдса. При $Re < 2300$ в трубах круглого сечения всегда существует ламинарный режим. С увеличением Re до некоторого значения наступает скачкообразный переход от ламинарного к турбулентному режиму. Значение Re , при котором совершается этот переход, необязательно равен 2300 — в определенных условиях турбулентный режим может наступать при $Re \gg 2300$.

Понятие сформированный поток и стабилизированный поток адекватны только для ламинарного режима. В этом случае струи или слои газа движутся параллельно, не смешиваясь друг с другом. Для ламинарного потока характерны, с одной стороны, отсутствие поперечных пульсаций, с другой — значительная неравномерность скоростей вдоль сечения канала и, самое главное, неравномерность дисперсной фазы в канале, причем, в отличие от скоростей газовой фазы, она нарастает по мере прохождения аэрозоля через канал: наиболее крупные и тяжелые частицы концентрируются в нижней части канала. Указанное явление не наблюдается только в каналах, расположенных вертикально. Таким образом, ламинарный режим благоприятен для распределения паров и газов.

Для разработки циклона с оптимальными характеристиками и техническими показателями работа выполняется в несколько этапов:

1. Определяются физические характеристики материала и его фракционный состав.
2. На лабораторном стенде производятся испытания с целью определения эффективности улавливания данного материала на моделях газоочистных аппаратов.
3. Путем изменения геометрической конструкции модели эффективность улавливания материала доводится до необходимой величины.

Режим циклонного процесса можно оптимизировать, просто увеличив скорость газа в циклоне. Однако энергозатраты при этом растут пропорционально квадрату скорости газа, а степень очистки — значительно медленнее. Формирование потоков связано с режимами их

движения, определяемыми, как известно, числом Рейнольдса. При $Re < 2300$ в трубах круглого сечения всегда существует ламинарный режим. С увеличением Re до некоторого значения наступает скачкообразный переход от ламинарного к турбулентному режиму. В газопроводах газоочистительных сооружений, работающих обычно при скорости газа 15–25 м/с, режим, как правило, всегда турбулентный.

Равномерное движение потока газа в центробежных пылеосадителях весьма затруднительно, что в свою очередь влияет на возрастание гидравлического сопротивления и увеличение затрат на электроэнергию.

Главной задачей исследования явилась оптимизация движения газового потока в системах пылеочистки за счет перехода турбулентного движения потока в организационно направленное.

Нами предложено изменение режима движения очищенного газа в выхлопной трубе циклона с турбулентного на организационно направленное, путем установки на входе в выхлопную трубу струевыпрямителя, который

изменяет направление движения газа из спирального в кольцевом зазоре между корпусом и выхлопной трубой в прямолинейное вдоль оси выхлопной трубы.

Струевыпрямитель, представляет собой пластину, изогнутую таким образом, что в зазоре между корпусом и выхлопной трубой ее поверхность на начальном участке расположена вдоль направления движения газа, а в выхлопной трубе ее поверхность на конечном участке расположена в направлении оси выхлопной трубы, при прохождении вдоль которых поток газа из закрученного потока преобразуется в прямолинейный поток, движущийся в направлении оси выхлопной трубы. При этом, режим движения потока газа из турбулентного переходит в организационно направленный, что снижает затраты на его перемещение.

Для определения оптимальных размеров струевыпрямителя были проведены экспериментальные исследования, путем создания специальных насадок различных типоразмеров, которые показали следующие результаты, табл. 1.

Таблица 1. Результаты испытаний циклонов с организованным движением газового потока

Типоразмеры насадок	Характерный размер насадки (угол наклона направляющих)	Перепад давления на входе в выхлопную трубу м.вод.ст. * 10 ⁻³ , при данном расходе в %			
		100%	80%	60%	40%
Без насадки	0°	34	26	19	12
1	20°	23	16	10	4
2	25°	19	12	9	4
3	30°	20	16	10	5
4	35°	20	16	11	6
5	45°	24	17	10	5

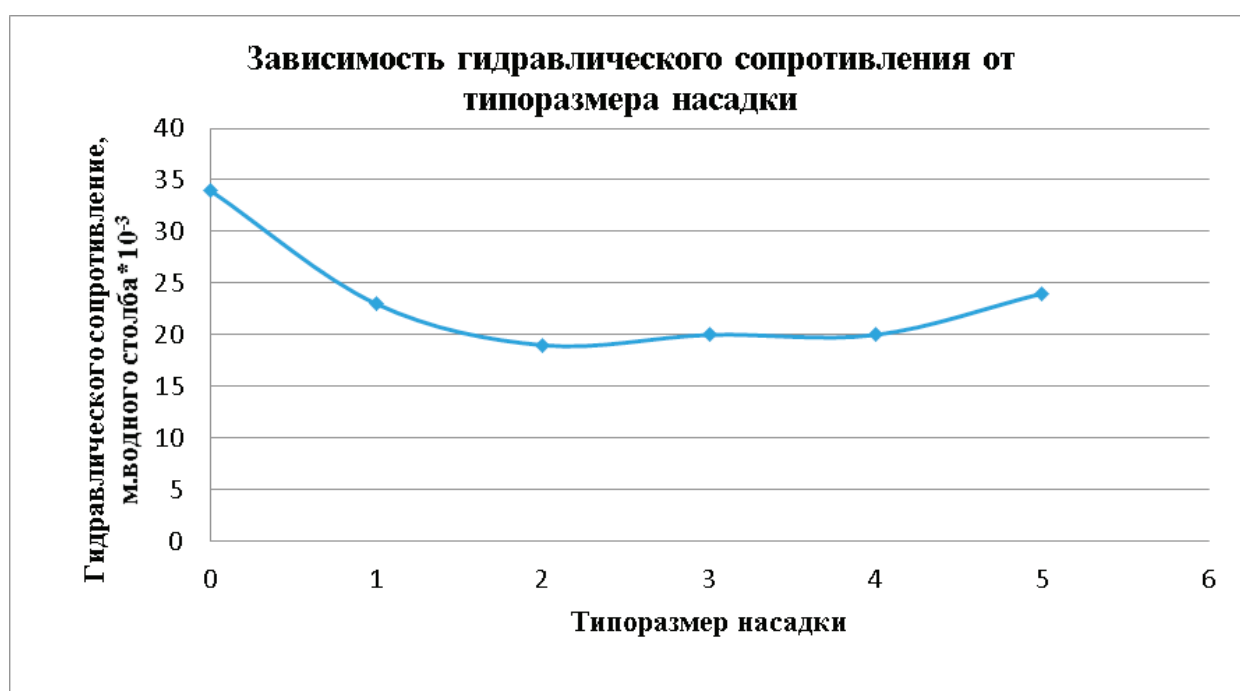


Рис.1. График зависимости гидравлического сопротивления от типоразмера насадки

Данные эксперимента доказали снижение энергозатрат за счет применения конструктивной интенсификации процесса сепарации в противоточном циклоне (рис. 1).

При разработке газоочистного оборудования специалисты оперируют множеством математических формул,

объясняющих процессы, происходящие в центробежных пылеочистителях. Если попытаться вывести общую формулу газоочистки, то она может звучать так: разница между объемом промышленных выбросов в атмосферу и количеством уловленных отходов должна стремиться к нулю: $Qz_{\text{вх}} - Qz_{\text{уловл}} = 0$

Ресурсосберегающие технологии в производстве обесфторенного кормового фосфата

Вандышева Анна Александровна, ассистент

Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

Гафуров Максим Анасович, начальник отдела контроля качества

ООО «Балаковский завод минеральных наполнителей»

Вибрационные машины получают всё более широкое применение в самых разнообразных отраслях промышленности. Расширяется область применения зарекомендовавших себя ранее вибромашин, вновь создают вибромашину, для осуществления новых операций. Это обусловлено конструктивной простотой вибромашин во многих случаях более высокой, чем у обычных машин, технологической эффективностью. Применение вибрационной техники в промышленности в ряде случаев позволяют коренным образом усовершенствовать технические процессы.

Грохочение — это процесс разделения исходной массы по крупности на плоских или криволинейных просеивающих поверхностях, выполняемых машинами (грохотами), в которых сортируемый материал пропускают через колосниковые решетки для сита с отверстиями заданного размера и формы. Число получаемых фракций материала определяется числом сит в грохоте, а крупность фракций — размерами отверстий в этих ситах (решетках). При этом материал, прошедший и не прошедший через сито, называют соответственно верхним и нижним классом. Эффективность грохочения определяется как отношение (в процентах) массы зерен, прошедших через сито, к количеству материала такой же крупности, содержащегося в исходном материале.

Из всех известных грохотов наиболее распространенным являются вибрационные грохоты [1]. Данные типы грохотов применяются в линии производства обесфторенного кормового фосфата (рис. 1). Монокальцийфосфат — $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ — обесфторенный кормовой фосфат, используемый в качестве пищевой добавки в рацион животных и птицы. Монокальцийфосфат восполняет нехватку минеральных веществ (фосфора и кальция) у скота. Обеспечивает необходимый обмен веществ в организме животного, укрепляя его иммунную и репродуктивную системы.

Сельскохозяйственные животные и домашняя птица, как правило, недополучают фосфор. Содержание фос-

фора в растительных кормах достигает всего 30% от потребности, но даже это количество усваивается лишь наполовину, поскольку организмы растений и животных требуют различных форм фосфора.

Использование корма, в состав которого входит монокальцийфосфат, в итоге приносит наибольшую биологическую, энергетическую и экономическую выгоду.

На основании изученных конструкций грохотов и характера перемещения материала по ситам грохота нами предлагается оптимизация процесса, увеличивающая эффективность грохочения за счет вызывания явления сегрегации на поверхности сита. Сегрегация — это процесс образования неоднородности смеси полифракционного сыпучего материала, вызываемой вибрацией, за счет разного удельного веса каждой фракции. Таким образом, мелкая фракция, имеющая больший удельный вес по отношению к крупной, перемещается в нижний слой, тем самым вытесняя более крупную фракцию, имеющую по отношению к мелкой меньший удельный вес.

На рисунке 2 изображена конструкция грохота с повышенной эффективностью грохочения за счет силиконовых перегородок, установленных на поверхности сита, перпендикулярно потоку движения материала.

На вибрационный грохот по подводящему каналу 4 подается сухой, сыпучий материал. Под действием вибрации, вызванной вибровозбудителем 1, материал грохочется, перемещаясь к отводящему каналу 5. Силиконовые перегородки 3 создают препятствие для прохождения материала, вызывая тем самым сегрегацию. Мелкая фракция, обладающая большей насыпной плотностью по отношению к крупной, оседает вниз, пролетает через ячейки сетки. Более крупная фракция, с непросеянными мелкими частицами, пересыпается через силиконовую перегородку и проходит по сетке до тех пор, пока не дойдет до следующей перегородки и затем процесс повторяется. Пройдя все перегородки материал по отводящему каналу 5 отводится из зоны грохочения. Надсеточный мате-

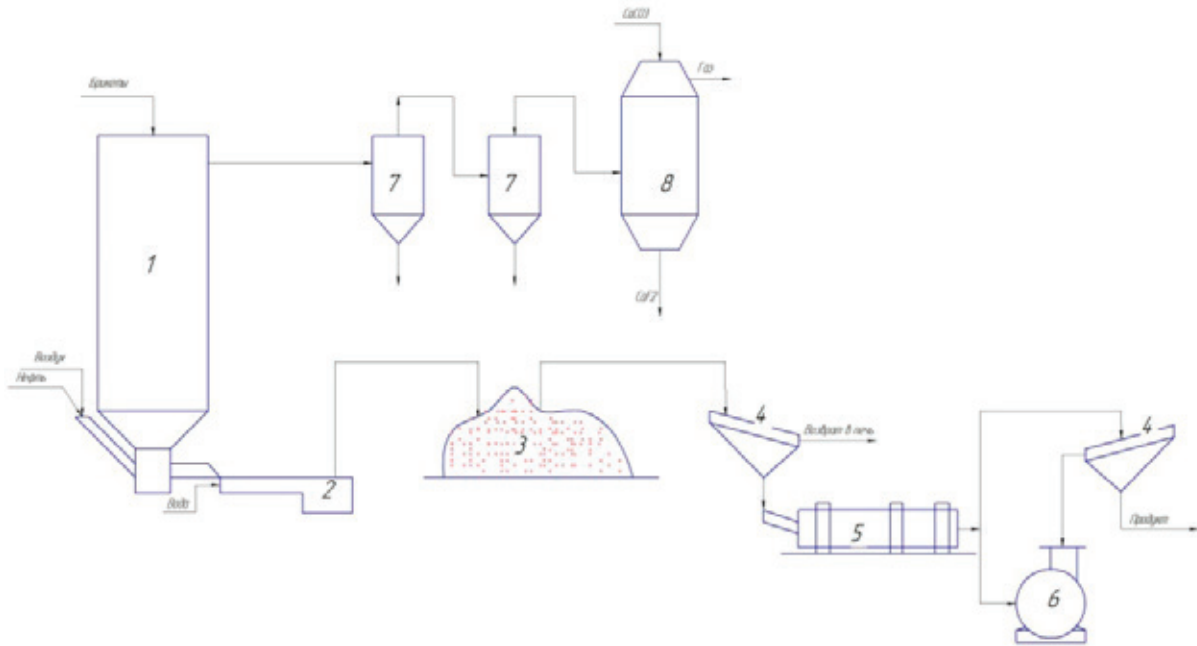


Рис.1. Схема производства обезфторенного кормового фосфата: 1 — шахтная печь; 2 — желоб для охлаждения расплава водой; 3 — склад охлажденного продукта; 4 — вибрационный грохот; 5 — барабанная сушилка; 6 — молотковая дробилка; 7 — пылеуловитель; 8 — абсорбционная башня для улавливания фтора

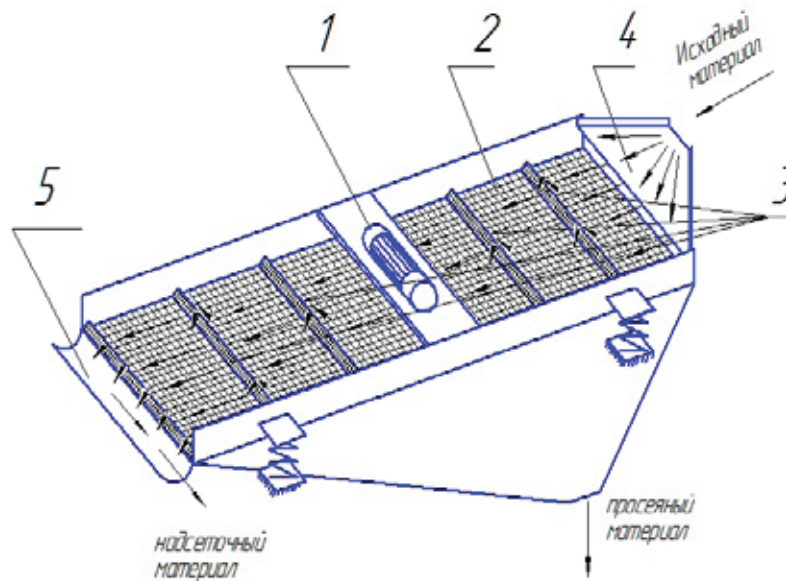


Рис.2. Вибрационный грохот состоит из: 1 — вибровозбудитель; 2 — сито; 3 — силиконовые перегородки; 4 — подводящий канал; 5 — отводящий канал

риал содержит в себе намного меньше мелкой фракции, чем при грохочении без силиконовых перегородок, что говорит о повышении эффективности работы вибрационного грохота.

Данная конструкция грохота позволяет избежать повторного грохочения, надсеточный материал поступает

в рецикл технологической линии без мелкой фракции, что позволяет достигнуть безотходное и энергоэффективное производство обезфторенного кормового фосфата, уменьшая себестоимость готового продукта и возможность занимать достойное конкурентное положение на рынке.

Литература:

1. Вайсберг, Л.А. Проектирование и расчет вибрационных грохотов. М.: Недра, 1986. — 143с.

Ресурсосберегающие технологии в производстве бетона, армированного базальтовыми волокнами

Вандышева Анна Александровна, ассистент
Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

Миндубаев Дмитрий Кавыльевич, начальник отдела охраны труда и производственного контроля
«Балаковская ТЭЦ-4»

Промышленные предприятия являются одним из основных источников поступления вредных веществ в атмосферу.

Основной причиной загрязнения на бетонных заводах являются выбросы цементной пыли в атмосферу. Чтобы избежать этого, все цементные силосы, системы пневмотранспорта и вентиляции оснащены фильтрами.

Защита атмосферного воздуха, служит основой многих технологических процессов, от вредных веществ, предполагает реализацию целого комплекса организационных, технологических, инженерно-технических, экологических и экономических мероприятий.

У всех технологических агрегатов, выделяющих пыль, на цементных заводах устанавливаются пылеулавливающие аппараты, позволяющие не только вернуть значительное количество готового продукта или полуфабриката, но и предотвратить загрязнение пылью воздушного

бассейна цементных заводов и прилегающих к ним территорий.

В настоящее время на большинстве предприятий в системах пылеулавливания используются электрофильтры, установленные двадцать и более лет назад и обеспечивающие степень очистки 95–98% или 300–800 мг/м³ пыли на выходе. Многие предприятия вынуждены решать сегодня вопрос замены морального и физически устаревших электрофильтров и ориентируются снова на электрофильтры, как привычное оборудование. Однако сегодня только лучшие зарубежные электрофильтры, с лучшими характеристиками, но при этом имеют габариты таких фильтров значительно больше существующих. К существенным недостаткам электрофильтров относятся сложность конструкций, невозможность стабильной работы в условиях изменяющегося химического и физического состава рабочей среды, остаточная электризация улов-

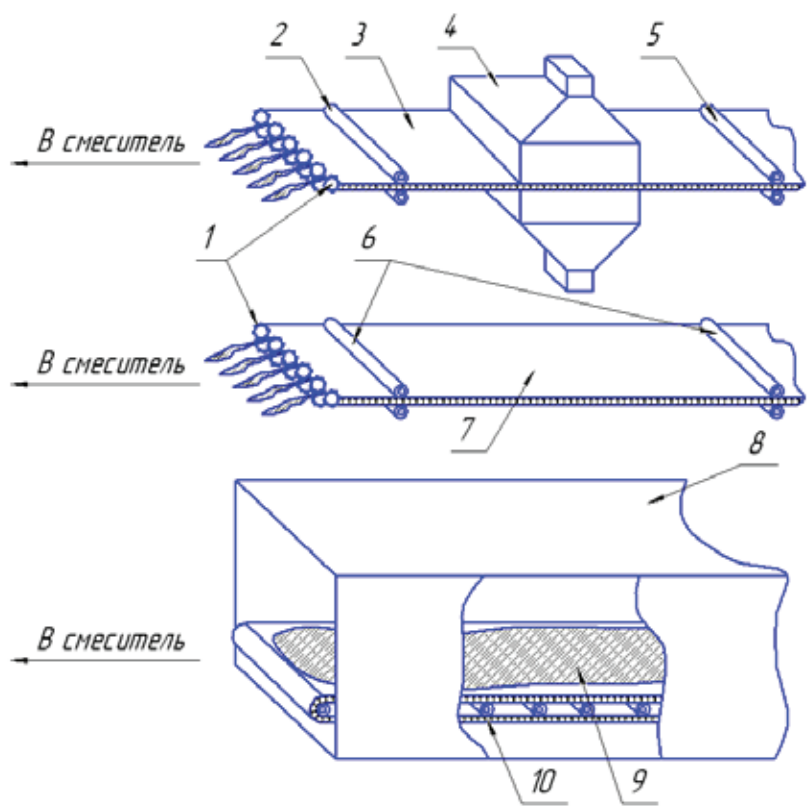


Рис. 1. Фильтровальная установка: 1 — разволокнители, 2 — вытягивающие валки, 3 — базальтовое волокно, 4 — фильтр, 5 — захватывающие валки, 6 — транспортировочные валки, 7 — базальтовое волокно, 8 — короб, 9 — цемент, 10 — транспортировочная лента

ленных частиц пыли, которая часто не позволяет вернуть ее в производство, регенерация использованного фильтроматериала и как следствие его утилизации.

Способ отчистки безотходного фильтрования воздуха в производстве бетона армированного базальтовыми волокнами путем пропускания воздуха через фильтр, отличается тем, что фильтрующий материал фильтра используются при изготовлении бетона. При этом одна часть базальтового волокна и цемента непосредственно направляется в смеситель через регуляторы расхода исходного базальтового волокна и цемента, а другая часть базальтового волокна направляется в фильтры для очистки воздуха, используемого в системах пневмотранспорта и вентиляционных выбросов, проходит через них, и с уловленными частицами также направляется в смеситель через регуляторы расхода отработанного в фильтрах базальтового волокна, при этом регуляторы настраиваются таким образом, что суммарная подача базальтового волокна и цемента в смеситель, остается неизменной и соответствующей заданному технологическому режиму независимо от режима работы фильтра (рис. 1).

Главными особенностями базальтоцемента являются его высокая прочность при всех видах напряженных состояний и способность переносить большие деформации в упругом состоянии. При этом относительная деформация цементного камня без образования трещин достигает 0,7–0,9%. Такая деформация в 35–45 раз превосходит предельное удлинение неармированного цементного камня, значительное увеличение деформатив-

ности и прочности цементного камня происходит за счет устранения базальтовыми волокном влияния концентрации напряжений в местах, ослабленных структурными дефектами цементного камня (раковинами, микротрещинами и т.п.).

Базальт — это минерал, образовавшийся в результате вулканической деятельности. Земная кора состоит на 80% из базальтовых пород. Экологически чистый материал, миллионы лет пролежавший в земле. Будучи химически инертным, базальтовое волокно не вступает в реакцию с солями или красителями, поэтому бетонные растворы с добавкой волокна применяются и при строительстве морских сооружений, и в архитектурном и декоративном бетонах. В дорожных покрытиях волокно предохраняет бетон и арматуру от проникновения антиобледеняющих солей и агрессивных веществ, а также повышает остаточную прочность и устойчивость к замораживанию-оттаиванию, повышает шероховатость поверхности.

Использование качественного бетона со специальными добавками включая, волоконное армирование, обеспечивают стойкость к перепадаем температур защищая от разломов, трещин и отслаивания поверхности; исключает пластические и усадочные трещины; увеличивает долговечность поверхности, края и шва, а также устойчивость к истиранию и ударам; обеспечивает раннюю прочность на сжатие, то есть прочность, которую обычный бетон приобретает только через 28 дней с момента укладки.

Литература:

1. Фильтровальная установка очистки воздуха непрерывного действия: пат. № 99992 Рос. Федерация. № 2010123641; заявл. 09.06.2010; опубли. 10.12.2010, Бюл. № 34. 1 с.

Идентификация критериального уравнения теплоотдачи экспериментальным данным при охлаждении алюминиевых слитков

Горшенин Андрей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент,
Скурихин Александр Сергеевич, студент
Самарский государственный технический университет

В настоящее время изделия из алюминиевых сплавов находят всё большее применение. Одним из способов производства таких изделий является обработка давлением. Полуфабрикатами служат цилиндрические алюминиевые слитки, получаемые непрерывным литьём в охлаждаемый кристаллизатор. Как известно, при литье в водоохлаждаемый кристаллизатор ускоренное охлаждение слитков ведёт к появлению неравновесной структуры, ухудшающей качество слитка.

Для устранения дефектов слитка проводят термическую обработку, одним из видов которой является гомогени-

зационный отжиг. Важное влияние на структуру сплава оказывает скорость охлаждения после отжига. Охлаждение слитков после гомогенизации в промышленности реализуется несколькими способами, одним из которых является использование специальной камеры охлаждения.

Математическая модель теплообмена в камере охлаждения

Термическая обработка является одной из самых энергозатратных в тепловых технологиях. Задача снижения энер-

гетических затрат является одной из приоритетных в современной энергетике. На величину энергетических затрат в процессе термической обработки оказывают влияние многие режимные и конструктивные факторы. Для оценки влияния данных факторов на конвективный теплообмен в камере охлаждения алюминиевых слитков авторами предложена математическая модель конвективного теплообмена в системе охлаждающий воздух — алюминиевые слитки [1]:

$$\begin{cases} t_{B_N} = t_{B_{(N-1)}} + \frac{c_{Pa}}{c_{Pe}} \frac{m_{a}}{G_B} \left[(T_{(N-1)} - t_{B_{(N-1)}}) - \right. \\ \left. - (T_0 - t_{B1}) \exp(-4 \cdot Bi \cdot Fo) \right], \\ T_N = t_{B_{N-1}} + (T_0 - t_{B_{N-1}}) \exp(-4 \cdot Bi \cdot Fo), \\ \frac{T}{\tau} \leq 70^\circ C / ч \text{ в интервале } 500-300^\circ C. \end{cases}$$

где t_{B_N} — температура охлаждающего воздуха при омывании N -го слитка, $^\circ C$; $t_{B_{(N-1)}}$ — температура охлаждающего воздуха при омывании предыдущего N -му слитка, $^\circ C$; c_{Pa} — коэффициент теплоемкости алюминия, Дж/(кг· $^\circ C$); m_a — масса слитка, кг; c_{Pe} — коэффициент теплоемкости воздуха, Дж/(кг· $^\circ C$); G_B — расход воздуха, $m^3 / ч$; T_0 — начальная температура охлаждения слитка, $^\circ C$; T_N — температура N -го слитка, $^\circ C$; $T_{(N-1)}$ — температура предыдущего N -му слитка, $^\circ C$; Bi — критерий Био; Fo — критерий Фурье; $\frac{T}{\tau}$ — скорость охлаждения слитка, $^\circ C / ч$.

В данной системе первое уравнение описывает изменение температуры охлаждающего воздуха, второе — изменение температуры слитка, третье — ограничение на максимальную скорость охлаждения слитков.

Решение данной математической модели предполагает определение коэффициента теплоотдачи α . Движение воздуха происходит по каналам, ограниченным цилиндрическими слитками. Уравнения для расчета коэффициента теплоотдачи при турбулентном режиме движения при омывании волновой поверхности описана в работах [2, 3]. В работе Гомелаури В. И. [4] предложено критериальное уравнение теплоотдачи при омывании волновой поверхности:

$$\overline{Nu}_{\text{жд.экв}} = 0,021 \cdot Re_{\text{жд.экв}}^{0,8} \cdot Pr_{\text{жс}}^{0,43} \left(\frac{Pr_{\text{жс}}}{Pr_c} \right)^{0,25} \cdot \epsilon_{\text{ш}} \quad (1)$$

где $\overline{Nu}_{\text{жд.экв}} = \frac{\alpha \cdot d_{\text{экв}}}{\lambda}$ — среднее значение критерия Нуссельта по длине канала; λ — коэффициент теплопроводности, $Вт / м \cdot K$; $d_{\text{экв}}$ — эквивалентный диаметр канала, м; $Re_{\text{жд.экв}} = \frac{W \cdot d_{\text{экв}}}{\nu}$ — среднее значение критерия Рейнольдса по длине канала; W — скорость охлаждающего воздуха, $м / с$; ν — коэффициент кинематической вязкости, $м^2 / с$; $Pr_{\text{жс}}$ — среднее значение критерия Прандтля по длине канала; Pr_c — среднее значение критерия Прандтля, определенное при температуре алюминиевых слитков; $\epsilon_{\text{ш}}$ — коэффициент, учитывающий увеличение теплоотдачи вследствие искусственной шероховатости

$$\epsilon_{\text{ш}} = 1,04 \cdot Pr_{\text{жс}}^{0,04} \cdot \exp \left[0,85 \cdot f \left(\frac{S}{h} \right) \right],$$

где $\frac{S}{h}$ — шаг волн, S — расстояние между соседними волнами, м; h — высота волновой поверхности, м.

Данное критериальное уравнение обобщает опытные данные по исследованию теплоотдачи внутри каналов круглого сечения, что является недостаточным для задачи конвективного теплообмена в системе «охлаждающий воздух — алюминиевые слитки», т. к. в этой системе поверхность теплообмена представляет собой канал, ограниченный горизонтальными рядами слитков. Поэтому для приведения данного уравнения к виду, где в качестве характерного размера используется высота канала δ , необходимо провести экспериментальные исследования.

Описание эксперимента:

Экспериментальное исследование теплообмена при охлаждении слитков проводилось на смонтированной камере охлаждения. Камера охлаждения представляет собой конструкцию, состоящую из рабочего пространства, в котором располагается садка; раздающего и собирающего газоходов. Для подачи охлаждающего воздуха на раздающем газоходе установлены четыре осевых вентилятора. При проведении эксперимента определялись зависимость температуры слитков в течение времени охлаждения, скорости охлаждающего воздуха. Температура слитков замерялась термомпарами градуировки ХА, зачеканенными в слитки. Вторичным прибором служил измеритель — регулятор температуры 2ТРМ1. Скорость охлаждающего воздуха определялась путём пересчёта динамического давления, измеренного напорной трубкой. При проведении экспериментальных исследований погрешность измерений температуры слитков составляла 1,5%, скорости охлаждающего воздуха $\pm 2,5\%$.

Результаты экспериментальных значений температуры слитка представлены на рис. 1.

На графике показано изменение температуры слитка в одной точке измерения. Результаты экспериментальных значений скорости охлаждающего воздуха представлены на рис. 2.

Проведённое экспериментальное исследование теплообмена в камере охлаждения позволяет, используя полученные данные и метод наименьших квадратов, получить критериальное уравнение, где в качестве характерного размера используется высота канала δ .

Для аппроксимации экспериментальных данных степени соответствия между данными эксперимента и результатами определения коэффициента теплоотдачи по формуле (1) воспользуемся методом наименьших квадратов [5].

Экспериментальные данные аппроксимируем к уравнению, выражающему зависимость между критериями Нуссельта Nu , Рейнольдса Re и Прандтля Pr :

$$Nu = A \cdot Re^B \cdot Pr^C,$$

где A, B, C — постоянные числа. Для упрощения расчётов опустим значение критерия Прандтля Pr^C , так как в интервале температур $0-600^\circ C$ его значение почти не меняется.

Функция, подлежащая минимизации для определения оценок параметров методом наименьших квадратов, имеет вид [6]:

$$F(A, B) = \sum_{i=1}^n \left(Nu_{\delta i} - A \cdot Re_{\delta i}^B \right)^2, \quad (2)$$

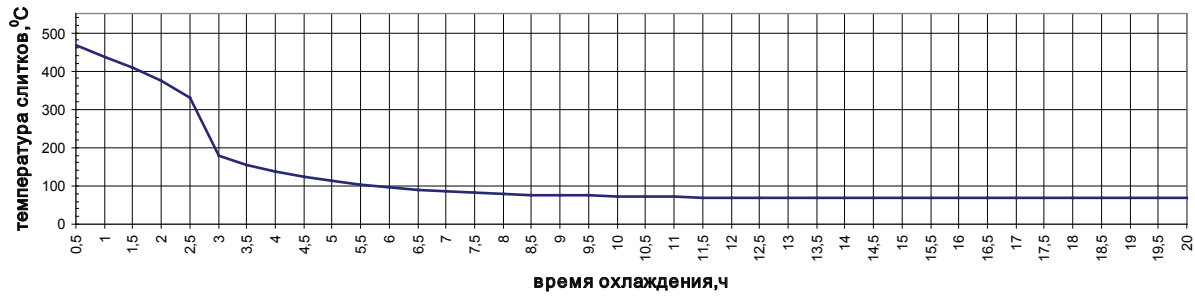


Рис. 1. Изменение температуры слитка в течение времени охлаждения



Рис. 2. Изменение скорости охлаждающего воздуха в течение времени охлаждения

где $Nu_{\delta i}$ — значение зависимой переменной в i -ом эксперименте, $A \cdot Re_{\delta i}^B$ — значение независимой переменной, A, B — неизвестные коэффициенты, подлежащие определению.

Для определения неизвестных коэффициентов в (2) вычислим частные производные по A и B и приравняем их к нулю:

$$\frac{\partial F}{\partial A} = \frac{\partial}{\partial A} \sum_{i=1}^n (Nu_{\delta i} - A \cdot Re_{\delta i}^B)^2 = 0,$$

$$\frac{\partial F}{\partial B} = \frac{\partial}{\partial B} \sum_{i=1}^n (Nu_{\delta i} - A \cdot Re_{\delta i}^B)^2 = 0.$$

После проведения математических преобразований данных уравнений окончательно получим систему двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} A = \frac{\sum_{i=1}^n (Nu_{\delta i} \cdot Re_{\delta i}^B)}{\sum_{i=1}^n (Re_{\delta i}^{2B})} \\ B = \frac{\sum_{i=1}^n (Nu_{\delta i} \cdot Re_{\delta i}^{B-1})}{\sum_{i=1}^n (Re_{\delta i}^B \cdot Re_{\delta i}^{B-1})} \end{cases} \quad (3)$$

Литература:

1. Горшенин, А.С., Кривошеев, В.Е. Исследование тепловых процессов при охлаждении алюминиевых слитков после их термической обработки / А.С. Горшенин, В.Е. Кривошеев // Энергетика и энергоэффективные технологии: Тр. V междунар.научно-практич. конф. — Липецк: 2012. — с. 60–62

Решая уравнение (3) методом подстановки, получим значения коэффициентов: $A = 0,352$ и $B = 0,65$. Подставим данные коэффициенты в уравнение

$$Nu_{\delta} = 0,352 \cdot Re_{\delta}^{0,65}.$$

С учётом критерия Прандтля окончательно получим

$$Nu_{\delta} = 0,352 \cdot Re_{\delta}^{0,65} \cdot Pr^{0,33} \quad (4)$$

Выражение (4) представляет собой критериальное уравнение для определения коэффициента теплоотдачи в канале, ограниченном поверхностью алюминиевых слитков.

В результате экспериментального исследования были получены данные по характеру изменения температуры слитков и скорости охлаждающего воздуха. С использованием полученных данных проведена процедура идентификации критериального уравнения теплоотдачи. Это позволило получить критериальное уравнение, где в качестве характерного размера используется высота канала между горизонтальными рядами слитков. Данное уравнение можно использовать при инженерных расчётах.

2. Кружилин, Г. Н. Теория теплопередачи круглого цилиндра в поперечном потоке жидкости / Г. Н. Кружилин // ЖТФ, 1936. — т. 6, вып. 5. — с. 858–865.
3. Eckert, E. R. G. Die Berechnung des Wärmeüberganges in der laminaren Grenzschicht umstromter Körper / E. R. G. Eckert // VDI — Forschungsh, 1942. — S. 1–26.
4. Гомелаури, В. И. Влияние искусственной шероховатости на конвективный теплообмен / В. И. Гомелаури // Труды института физики АН ГССР. — Тбилиси, 1963. — т. 9. — с. 111–145.
5. Горский, В. Г., Адлер, Ю. П., Талалай, А. М. Планирование промышленных экспериментов. — М.: Металлургия, 1978. — 279 с.
6. Соколов, А. К. Коэффициенты, упрощающие расчет теплопередачи через обмуровки печей. — Иваново: Ивановский государственный университет. 1980. — 11 с.

Автономное устройство электроснабжения с гидроприводом

Губатенко Марк Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой;

Шмаков Юрий Юрьевич, студент

Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

В настоящее время в России для выработки электроэнергии для потребителей применяется электрические станции и устройства основанные на использовании как возобновляемых, так и невозобновляемых первичных энергоресурсов. Большую часть электроэнергии вырабатывают крупные электрические станции (ТЭС, АЭС и ГЭС), но при этом с точки зрения энергосбережения и энергоэффективности в местах значительно удаленных от станций рационально использовать автономные источники электроснабжения. Особенно актуально, если такие источники основаны на получения электроэнергии за счет преобразования возобновляемых первичных энергоресурсов.

В России градостроительство и строительство промышленных предприятий развивается достаточно стремительно. Существующие жилые дома, ряд промышленных предприятий значительно удалены от питающей электростанции, то есть имеют место электрические потери, а в случаи строительство новых зданий и сооружений, необходимо осуществлять проектирования и монтаж новых электрических сетей, что является дорогостоящим мероприятием. Поэтому рационально использовать электроснабжение приемников не от централизованной системы электропитания, а от автономного источника электроэнергии.

В связи с тем, что как на промышленные предприятия так и жилые здания поставляется совокупность энергоресурсов (вода, газ), поэтому актуально их использовать для получения электрической энергии. В качестве такого энергоресурса рационально рассмотреть систему водоснабжения зданий и сооружений.

В связи с вышесказанным возможно в качестве автономного устройства электроснабжения использовать установку, преобразующую энергию движения потоков воды по магистральному трубопроводу водоснабжения в электрическую энергию (принципиальная схема представлена на рисунке 1).

Принцип работы автономного устройства электроснабжения с водяным приводом состоит в следующем: в магистральном трубопроводе 8 холодного водоснабжения установлены лопасти 7, вращающиеся под напором воды с давлением P , и передающие механическое вращения генератору 1 через вал 6 и мультипликатор 4, в результате чего механическая энергия преобразуется в электрическую и отправляется в собственную систему электроснабжения рассматриваемого объекта. Для обеспечения постоянства частоты вращения ротора генератора на валу 6 установлен маховик 3. Генератор 1 заключен в герметичный корпус 2, внутри которого циркулируют с высокой скоростью холодная вода, получаемая из магистрального трубопровода за счет подключенного к нему подводящей 9 и отводящей 10 труб через фланцевые соединения 11.

Форма и геометрические параметры лопастей 7 выбираются в соответствии с размером трубопровода, давлением воды, а также требуемом моментом вращения вала ротора генератора для обеспечения необходимой вырабатываемой мощности.

Герметичный корпус 2 (рис.2) представляет собой П-образный полый корпус с фланцевыми креплениями для подводящей и отводящей труб, а также имеет отверстие для вывода проводов.

Такая конструкция корпуса позволяет эффективно охлаждать работающий генератор, что позволяет продлить его срок эксплуатации.

В случаи отключения водоснабжения предусмотрена возможность питания потребителей от аккумуляторных батарей для обеспечения бесперебойной передачи электрической энергии потребителям. Осуществлять зарядку аккумуляторных батарей возможно за счет питания от генератора путем включения в цепь со стороны генератора инвертора, преобразующий переменный тока в постоянный. Применение аккумуляторных батарей в совокупности с инвертором, преобразующим постоянный ток

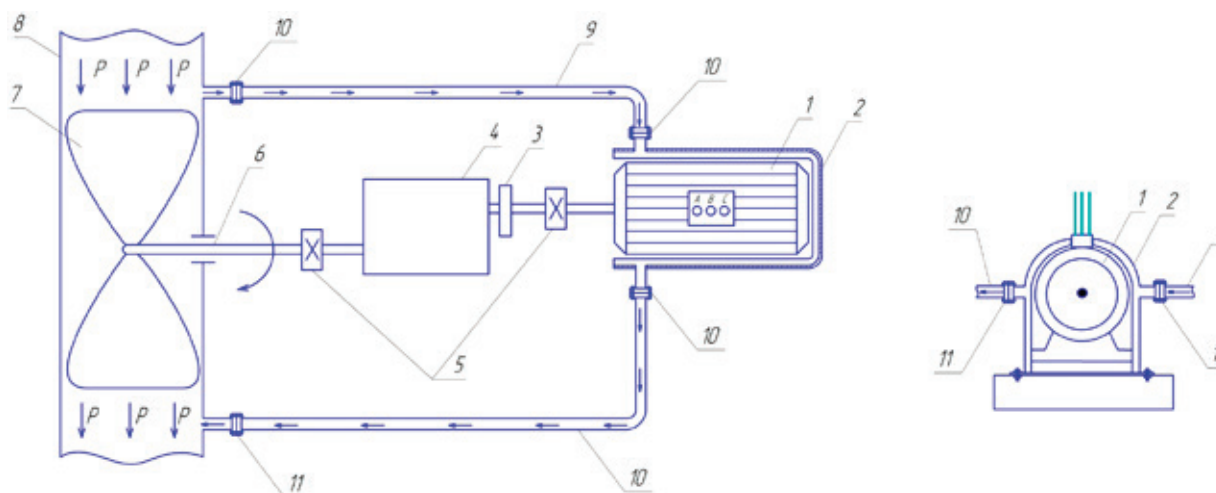


Рис. 1. Автономное устройство электроснабжения: 1 — Генератор; 2 — Корпус; 3 — Маховик; 4 — Мультипликатор; 5 — Муфта; 6 — Вал генератора; 7 — Лопасты; 8 — Магистральный трубопровод; 9 — Подводящая труба; 10 — Отводящая труба; 11 — Фланцевые соединения

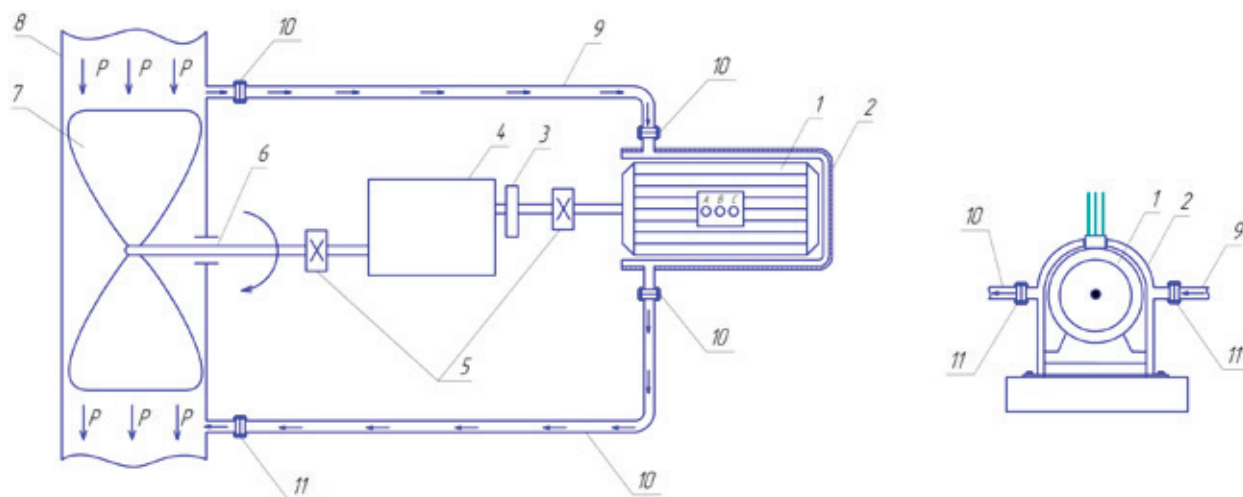


Рис. 2. Схема крепления генератора с герметичным корпусом

в переменный и включенным в цепь со стороны нагрузки, позволит некоторое время осуществлять электроснабжение, с одновременной сигнализацией о скором отключении электропитания.

Представленное устройство автономного электроснабжения с гидроприводом по сравнению с другими имеет ряд преимуществ:

- постоянство первичного энергоресурса (вода);
- экономическая эффективность;
- энергоэффективность и энергосбережения за счет использования в качестве первичного энергоресурса си-

стем холодного водоснабжения объекта электроснабжения;

- возможность совместной работы с централизованной системой электроснабжения.

Исходя из вышесказанного разработка представленного устройства и определения режимных параметров его работы является актуальной задачей, решением которой позволит снизить как экономические затраты на использование электроэнергии, так и повысить уровень энергосбережения в рамках централизованной системы электроснабжения.

Литература:

1. Алхасов, А. Б. Возобновляемая энергетика: монография [Электронный ресурс] / А. Б. Алхасов — М.: Издательство «Физматлит», 2010. — 256 с.
2. Да Роза А. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы: учебное пособие / А. да Роза; пер. с англ. под ред. С. П. Малышенко, О. С. Попеля. — Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект»; М.: Издательский дом МЭИ, 2010. — 704 с.

3. Лукутин, Б. В. и др. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении. — Монография. — М.: Энергоатомиздат, 2008. — 231 с. (тоже самое что и пособие)

Использование атомной энергетики в сельском хозяйстве

Денисенко Ирина Петровна, кандидат технических наук, доцент;

Ливанова Татьяна Витальевна, студент

Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

Наряду с атомной энергетикой сложилась и развивается область неэнергетического использования ядерных технологий, дальнейшему развитию использования которых способствовало бы формирование устойчивого механизма инноваций в широком понимании. Каждому необходимо осознать востребованность на рынке, конкурентоспособность своей продукции, определить свой возможный вклад в развитие. Создание современной техники, приборного комплекса способствует повышению конкурентоспособности, как продукции отечественных производителей, так и самой ядерной энергетики. Чрезвычайно важно сохранение и развитие российской системы ядерного образования как важнейшей составной части развития ядерной энергетики.

Стратегия развития исходит из того, что уже в ближайшем будущем ядерные технологии, даже на базе хорошо освоенных технологий, может стать стабилизирующим фактором в топливно-энергетическом комплексе.

На протяжении последнего полувека атомная энергия нашла широкое применение в таких областях как сельское хозяйство и промышленность. В промышленности ядерные методы дают уникальные возможности выполнения точных измерений, которые экономят сырье и ресурсы. Испытана даже ядерная технология для уменьшения вредных выбросов при сжигании угля. В результате большая часть оксида серы (SO_2) и оксида азота (NO_2) выводится из газов и превращается в вещества, которые могут быть использованы в качестве удобрений: сульфат аммония ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) и нитрат аммония (NH_4NO_3).

В определенном диапазоне доз ядерные излучения обладают стимулирующим действием. Такая стимуляция обнаруживается у всех биологических объектов. Впервые эффект радиационной стимуляции был получен на растениях и описан М. Мальдинеем и К. Тувиным в 1989 г. Ускорение прорастания семян, облученных рентгеновскими лучами, привлекло внимание многих исследователей, работавших с ионизирующими излучениями. В последующие годы появилось большое количество работ, посвященных радиационной стимуляции растений.

Облучение в малых дозах активно применяется в сельском хозяйстве для повышения урожайности растений; в животноводстве для повышения удоев, яйценоскости,

увеличения скорости набора веса; в химической промышленности; в медицине и косметологии.

Ведущими направлениями в агрорадиобиологии являются: стимуляция, рост и развития растений, животных, радиационный мутагенез и селекция, защита растений ядерными методами, использование радиоактивных изотопов для изучения обмена веществ и других физиологических процессов, определяющих интенсификацию сельскохозяйственного производства.

С помощью ионизирующего излучения были получены важные результаты по преодолению тканевой несовместимости плодовых культур, что дало возможность повысить эффективность прививок в садоводстве.

Расширяется область использования ионизирующей радиации для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур. Разрабатываются методы радио-стерилизации яблоневой плодовой гнили, выясняется эффективность такого метода для борьбы с этим опасным вредителем фруктовых садов.

Облучение семян в стимулирующих дозах перед их посевом приводит к ускорению прорастания семян, к увеличению урожая и улучшению его качества. Семена в момент их прорастания очень восприимчивы к действию различных физических и химических агентов, которые способны влиять на их развитие. Именно на этом основаны такие известные методы их обработки, как яровизация, прогрев УВЧ, намачивание в растворах ростовых веществ, микроэлементов, приводящих к ускорению развития и повышению урожая.

Метод гамма-облучения имеет ряд преимуществ:

- простота и постоянство действия облучательных установок, для работы на которых не требуются высококвалифицированные специалисты;
- равномерность воздействия на семена облучения;
- точность дозировки при облучении;
- возможность обработки больших объемов материала.

Радиоактивное излучение применяют для уничтожения вредных микроорганизмов. Облученные фрукты, овощи, молочные продукты сохраняются без порчи длительное время. Облучением стерилизуют консервы. Этот способ проще старого способа стерилизации путем нагревания, удобен для массового производства и обещает дать экономии средств. Картофель, облученный гамма лучами, не портится и не прорастает более года.

Применяя предпосевную обработку семян растворами солей радиоактивных изотопов, повышают их всхожесть и поднимают урожай на 17–20%.

Радиоактивным излучением убивают вредных насекомых. Опасным паразитом свиней являются трихины — черви, которые, попав в организм человека при употреблении свиного мяса, размножаются и вызывают тяжелое заболевание. Радиоактивная обработка обезвреживает свинину.

На птицефабриках облучают яйца. Благодаря этому из каждых 100 яиц в результате инкубации выводится в среднем 97 цыплят (на 7 штук больше, чем без облучения). Кроме того, куры, облученные в зародыше, несутся чаще.

С помощью воздействия излучения получены новые сорта гороха, горчицы, томатов, ячменя, устойчивые против полегания и отличающиеся повышенной урожайностью.

Облучение растений малыми дозами в период вегетации, предпосевное облучение семян, внесение радиоактивных удобрений особенно важно для тех климатических зон, где необходимо ускоренное созревание урожая.

Благодаря использованию радиоизотопов могут быть выполнены трудные и важные измерения, позволяющие обнаружить источники воды или пути распространения загрязнений, предприняты меры для опыления растений.

Литература:

1. Радиобиология, А. Д. Белов, В. А. Киршин, Н. П. Лысенко, В. В. Пак и др.; Под ред. А. Д. Белова. — М.: Колос, 1999. — 384 с: ил.

Ионизирующие излучения находят применение также в исследованиях, направленных на повышение продуктивности микроорганизмов. С помощью быстрых нейтронов ядерного реактора выведены радиомутанты клубеньковых бактерий с высокой азотфиксирующей способностью, оказавшиеся весьма эффективны в производстве бактериальных удобрений.

Эффективное использование удобрений имеет большое значение из-за их стоимости. Для многих стран их приобретение связано с большими расходами иностранной валюты. Удобрения, меченные радиоактивными изотопами (фосфор-32) или стабильными изотопами (азот-15) дают возможность определить, какая часть удобрений усваивается растениями, и какое количество их попадает в окружающую среду. Азот-15 позволяет также непосредственно оценить количество азота, усвоенного из атмосферы в полевых условиях.

Неправильное использование удобрений или чрезмерное их применение обходится очень дорого и таит в себе опасность нанесения вреда окружающей среде. Поэтому важно, чтобы до растений дошло максимальное количество внесенных удобрений и чтобы потери удобрений из-за неправильного выбора места, для времени их внесения и т. д. были минимальными.

Исследование теплообмена в поворотных камерах компактных змеевиков

Денисенко Ирина Петровна, кандидат технических наук, доцент
Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

Для проектирования и расчетов теплообменных устройств с компактным змеевиком (рис. 1) необходимы данные по теплообмену поворотных камер.

Исследование выполнялось на установке, схема которой приведена на рис. 2. В корпусе 9, образующем емкость, размещены медные прямая труба 6 и четыре

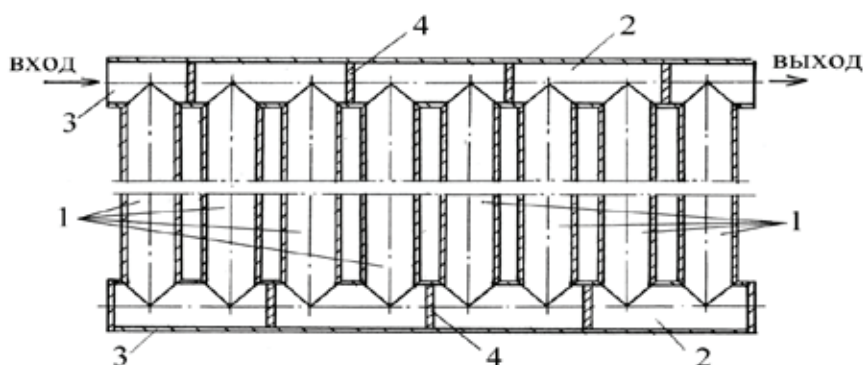


Рис.1. Разрез элемента однопоточного змеевика: 1 — прямые теплообменные трубы; 2 — отсеки поворотные; 3 — коллекторные соединительные трубы; 4 — перегородки дисковые

поворотные камеры 10 с размерами, приведенными на рис. 2, г и табл. 1. При проведении экспериментов корпус заполнялся водой, которая приводилась в состояние активного кипения с помощью электронагревателя 11. Из расположенного над установкой бака постоянного уровня (на рис.2 не показан) в качестве рабочей

жидкости подавалась вода в прямую трубу 6 и поочередно в каждую из четырех поворотных камер 10. При этом теплота передавалась соответственно через стенки прямой трубы и поворотных камер от кипящей под атмосферным давлением воды в корпусе 9 к потоку воды в исследуемых элементах.

Таблица 1. Конструктивные размеры поворотных камер (рисунок 2, г)

№ камеры	b, мм	c, мм	a, мм	b+2c, мм	Площадь теплопередачи F·10 ⁴ , м ²
1	9	6	5	21	6,71
2	11,4	7,3	6,3	26	8,03
3	15,8	5,2	8,1	26,2	10,875
4	18,5	8,9	10,2	36,3	11,967

Расход потоков воды через исследуемые элементы определялся по времени наполнения мерного сосуда, установленного в разрыв потока на выходе из элемента. Регулирование расхода воды осуществлялось с помощью вентиля на трубопроводе перед мерным сосудом.

Производились измерения температуры кипящей жидкости, температуры потока воды в смесительных камерах 2 (рис.2, а) на входе и выходе прямой трубы 6 и поворотных камер 10 с помощью термометров расширения 3. В смесительных камерах 2 дополнительно устанавливались термопары 1 типа ХК. Температура стенки прямой трубы измерялась с помощью термопар типа ХК, спаи которых зачеканивались и прижимались хомутами в девяти точках на верхней, боковой и нижней образующих трубы. Вторичным прибором для термопар служил цифровой милливольтметр типа ТРМ 101, проградуированный в °С. Градиент температуры на толщине медной прямой трубы диаметром 8х1 мм был пренебрежимо мал и при обработке опытных данных не учитывался.

Потребляемая электронагревателем мощность в экспериментах была постоянной и не изменялась.

По результатам измерений для каждого опыта определяли мощность передаваемого теплового потока по уравнению

$$Q = G \cdot c \cdot (t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{ВХ}}), \quad (1)$$

где G — расход воды в прямой трубе; c — теплоемкость воды; $t_{\text{ВХ}}$ и $t_{\text{ВЫХ}}$ — температуры воды соответственно на входе и выходе трубы.

Средний коэффициент теплоотдачи потока воды со стенкой прямой трубы вычисляли по уравнению

$$\alpha = Q / (\pi \cdot d \cdot l \cdot \Delta t), \quad (2)$$

где средняя разность температур

$$\Delta t = (t_{\text{ВЫХ}} - t_{\text{ВХ}}) / \ln \frac{t_{\text{СТ}} - t_{\text{ВХ}}}{t_{\text{СТ}} - t_{\text{ВЫХ}}}, \quad (3)$$

$t_{\text{СТ}}$ — средняя температура стенки, $t_{\text{СТ}} = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 t_{\text{СТ},i}$; $t_{\text{СТ},i}$ — локальная температура в 9-ти точках на стенках трубы, измеренная с помощью термопар.

Коэффициент теплопередачи от кипящей в корпусе воды к потоку в прямой трубе вычисляли по уравнению

$$k = Q / \left[\pi \cdot l \cdot (d + \delta) \cdot \left(t_{\text{к}} - \frac{t_{\text{ВХ}} + t_{\text{ВЫХ}}}{2} \right) \right], \quad (4)$$

где δ — толщина стенки трубы.

При известных α и k для каждого опыта определяли коэффициент теплообмена кипящей воды со стенкой прямой трубы по уравнению

$$\alpha_{\text{к}} = \frac{1}{d + 2\delta} \cdot \left[\frac{1}{k \cdot (d + \delta)} - \frac{1}{\alpha \cdot d} \right]^{-1}. \quad (5)$$

Коэффициент теплоотдачи потока в поворотной камере определялся по уравнению

$$\alpha = \frac{1}{d} \cdot \left[\frac{1}{\alpha_{\text{к}} \cdot (d + \delta)} - \frac{1}{\alpha_{\text{к}} \cdot (d + 2\delta)} \right]^{-1}, \quad (6)$$

Обработка опытных данных по теплообмену в поворотных камерах привела к уравнению подобия

$$Nu = c \cdot Re^n \cdot Pr^{0,43}, \quad (7)$$

где для камеры № 1 — $c = 0,36$ и $n = 0,63$, № 2 — $c = 0,66$ и $n = 0,59$, № 3 — $c = 0,96$ и $n = 0,45$, № 4 — $c = 0,89$ и $n = 0,47$.

В серии опытов установлено, что теплообмен в поворотных камерах в несколько раз превосходит по интенсивности теплообмен в прямой трубе. Наибольшее превышение наблюдается в области малых чисел Re . Интенсивность теплообмена в исследованных поворотных камерах несколько выше, чем в плавных поворотах на 180°.

В исследованном диапазоне чисел Рейнольдса $Re = 600 \div 8 \cdot 10^3$ для каждой модельной поворотной камеры характер зависимости $Nu = f(Re)$ свой и он одинаков во всем интервале чисел Re . Отсутствует свойственный потоку в прямой трубе излом зависимости $Nu = f(Re)$ при переходе ламинарного режима течения в переходный

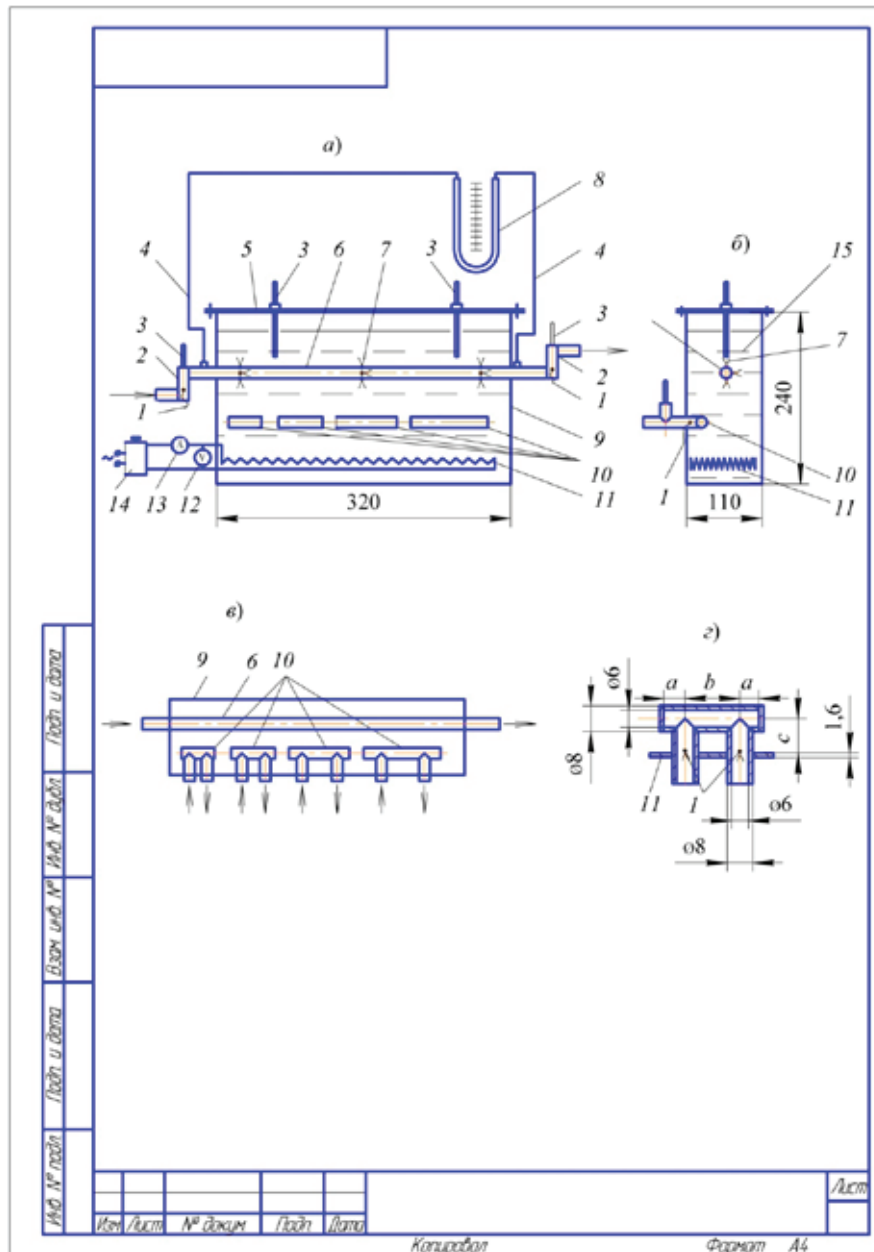


Рис. 2 Схема экспериментальной установки: *а* — продольный разрез; *б* — поперечный разрез; *в* — вид сверху; *г* — поворотная камера; *1* — термопары для измерения температуры потока; *2* — смесительные камеры; *3* — термометры расширения; *4* — импульсные соединительные трубки; *5* — крышка; *6* — прямая труба; *7* — термопары для измерения температуры стенки трубы; *8* — U-образный дифманометр; *9* — корпус; *10* — поворотные камеры; *11* — электронагреватель; *12* — вольтметр; *13* — амперметр; *14* — автотрансформатор; *15* — уровень воды; стрелками показано направление движения потока

в области $Re \approx 2300$. Данное обстоятельство объясняется ранней турбулизацией потока в поворотных камерах.

Получено обобщенное эмпирическое уравнение теплообмена потока в поворотных камерах компактных

змеевиков, позволяющее определять средний коэффициент теплоотдачи для интервала $b/d = 1,5 \div 2,63$ в области $Re = 600 \div 8 \cdot 10^3$ с максимальной погрешностью 9%.

Литература:

1. Печенегов, Ю. Я., Денисенко И. П. Патент РФ «Однопоточный трубчатый змеевик» № 2382973, МПК F 28 F 1/00, опубл. 27. 02. 2010, БИ № 6.
2. Михеев, М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. — М.: Энергия. 1973. 320с.
3. Шак, А. Промышленная теплопередача. — М.: Металлургиздат. 1961. 513с.

Энергосберегающие технологии в переработке пластиковых отходов

Зульфугаров Самик Кирымханович, инженер
Балаковский филиал АО «Апатит»

Вандышева Анна Александровна, ассистент
Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

По сравнению с такими материалами как стекло или камень переработка пластмассы представляет большую трудоёмкость. Дело в том, что длинные молекулярные цепочки полимеров обладают высоким молекулярным весом. И сама по себе термическая обработка здесь не достаточна, чтобы превратить сырьё в аморфную массу.

Надо сразу отметить, что обычно из переработанного пластика уже не делают тот же самый товар, который был переработан во вторсырьё. И более того — изделия, изготовленные из вторсырья уже не подлежат переработке.

Существуют многие технологии переработки отходов пластмассы, такие как метанолиз, деполимеризация, термическая компрессия, измельчение и переплавка.

Измельчение — является основополагающей частью подготовки пластика, именно от качества помола зависит интенсивность переплавки, а следовательно и экономичность процесса. Пакетирование пластмасс, также важный процесс, позволяющий экономить затраты на транспортировку и хранение готового к переплавке пластика. Для того, чтобы объединить эти процессы в одном агрегате и исключить расходы на дополнительное оборудование,

используются гидравлические пресс-ножницы. Принцип работы пресс-ножниц (рис.1) можно условно разделить на две стадии пакетирование и резание.

При пакетировании отходы пластмасс с помощью механизма подачи 2 подаются в загрузочную камеру 1, где пакет формируется по ширине. Затем пластмасса прессуется по вертикали. После формирования пакет с помощью механизма окончательного прессования выталкивается из камеры штемпелем.

При работе пресс-ножниц в режиме резания поперечная стенка камеры, являющаяся ножевой балкой, поднимается, и пластмасса с помощью механизма подачи перемещается под нож 3. Резка осуществляется механизмом реза, работающим от гидропривода. Использование в качестве рабочей энергии жидкости под давлением, позволяет измельчать даже крупногабаритные, армированные и другие виды пластмасс трудноперемалываемые другими видами измельчителей (дробилками, шредерами и т.д.)

Специфика работы агрегата, связанная с периодическими резкими остановками движения потока рабочей жидкости приводит к образованию явления гидроудара. Гидроудар — скачок давления в какой-либо системе, за-

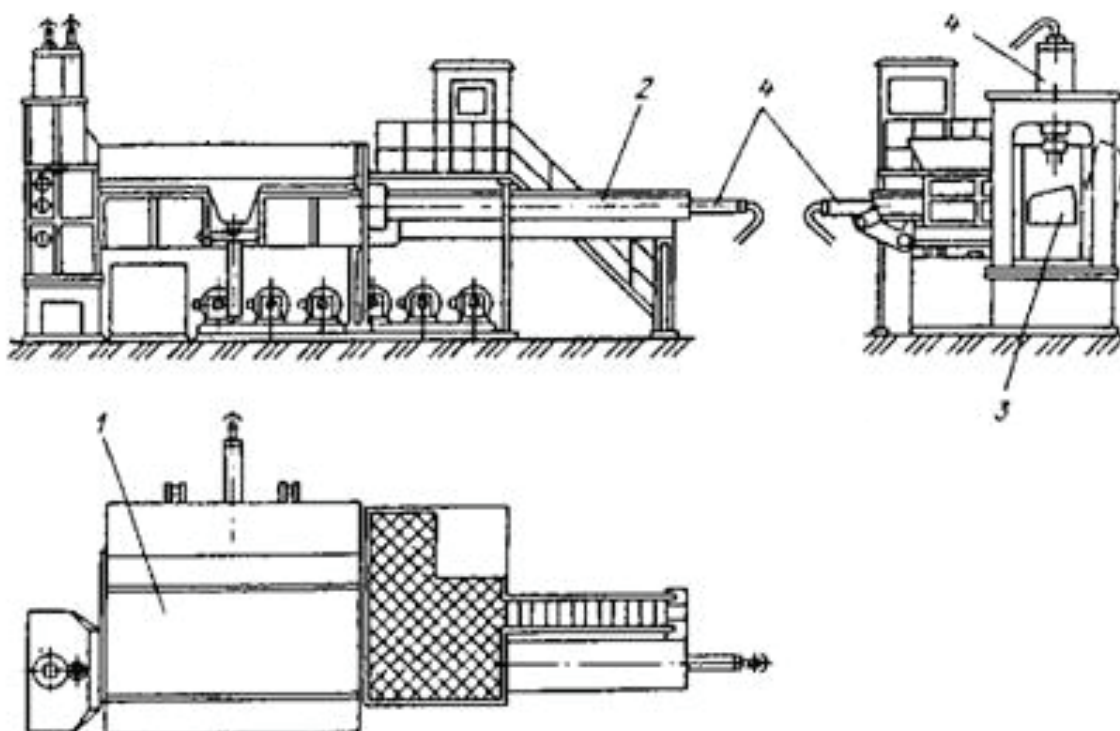


Рис. 1. Пресс-ножницы гидравлические: 1 — загрузочная камера; 2 — узел подачи материала; 3 — нож; 4 — гидроцилиндры

полненной жидкостью, вызванный крайне быстрым изменением скорости потока этой жидкости за очень малый промежуток времени. Может возникать вследствие резкого закрытия или открытия задвижки. Гидравлический удар способен вызывать образование продольных трещин в трубах, что может привести к их расколу, или повреждению других элементов трубопровода. Именно поэтому трубопроводы подобного оборудования соединяются не сварными соединениями, а фланцевыми, последние же в свою очередь из-за сильных вибраций системы имеют свойство регулярно ослабевать, давая течь рабочей жидкости, что приводит к образованию периодических простоев оборудования.

Для решения проблемы саморазвинчивания болтовых соединений фланцев трубопроводов предлагается следующий вариант шплинтования гайки. Убедившись, что стержень резьбового соединения достаточно крепок, чтобы выдержать ослабление при шплинтовании (рис.2), после затягивания гайки с помощью сверла по металлу делается сквозное поперечное отверстие через гайку и стержень. В отверстие вставляется шплинт, после чего он разгибается. Диаметр используемого сверла не должен быть больше трети диаметра резьбового соединения, чтобы не нанести слишком сильного повреждения резьбе. Но, как

бы, то, ни было, не рекомендуется так делать с резьбовыми соединениями диаметром до 10 мм.

Второй серьезной проблемой пресс-ножниц является перегрев рабочей жидкости, связанный с тем, что в стандартный комплект поставки такого оборудования входит система воздушных радиаторов, которые (особенно в летнее время) не способны обеспечить необходимый уровень теплоотдачи, что также приводит к простоям оборудования.

Решение этой проблемы, связанной с перегревом рабочей жидкости, сводится к замене теплообменного аппарата воздушного охлаждения на аппарат, где в роли охлаждающего агента выступает вода, в частности, пластинчатый теплообменник (рис.3).

Использование такого типа теплообменника предполагает лучшее решение задач, связанных с теплопередачей в самых широких диапазонах рабочих сред. Нами предложена модернизация стандартного пластинчатого теплообменника, заключающаяся в следующем: вместо стандартных плоских пластин, формируемых в пакеты, используются специальные пластины цилиндрической формы, укладываемые одна в другую. В пространстве между такими цилиндрами протекают агенты-теплоносители. Использование такой конструкции позволяет

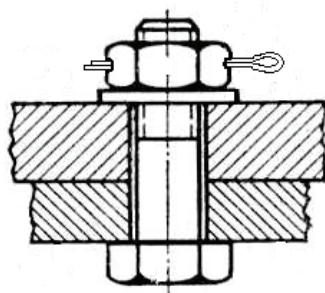


Рис. 2. Шплинтование болтового соединения

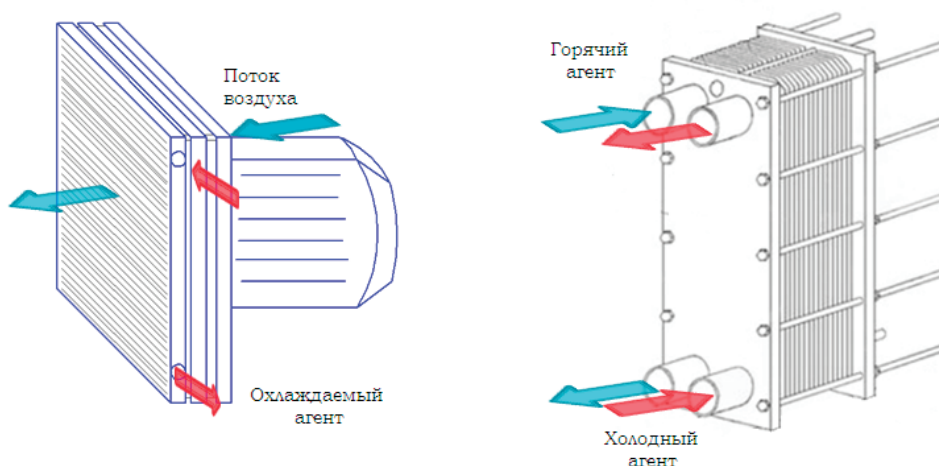


Рис.3. Замена радиатора воздушного охлаждения на пластинчатый теплообменный аппарат (жидкостное охлаждение)

существенно увеличить давление на стенку пластины при той же толщине, так как округлая форма листа имеет большее сопротивление нежели плоская. Также применение данной конструкции допускает использование более тонких пластин, за счет этого существенно повышается теплообмен между агентами-теплоносителями.

Предлагаемая оптимизация процесса переработки пластиковых отходов способна существенно минимизировать затраты на ремонтное обслуживание, а также спо-

собствовать увеличению выпуску конечной продукции, вследствие уменьшения общего времени простоя оборудования, связанного с перегревом рабочей жидкости.

Применение данного теплообменного аппарата обеспечивает необходимые условия безопасности труда, практически не ухудшает экологическую обстановку и обеспечивает экономический эффект. Учитывая, что срок службы некоторых из них превышает 25 лет из-за сложившихся обстоятельств в химической промышленности данное решение является перспективным.

Теплофикационный энергоблок с ядерным реактором СВБР-100 и использованием парогазовой технологии

Касилов Валерий Федорович, кандидат технических наук, доцент;

Дудолин Алексей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент;

Низовой Андрей Викторович, студент; Руднев Никита Андреевич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт»

Приведены тепловая схема парогазового теплофикационного энергоблока с реактором СВБР-100 и результаты ее расчета. Показана возможность реализации в таком энергоблоке комбинированного цикла с двумя газотурбинными установками (ГТУ) GE 6101FA общей мощностью 140 МВт и паровой турбиной с максимальной мощностью 190 МВт. При этом в котле-утилизаторе генерируется перегретый пар с температурой 560°C, что позволяет исключить из тепловой схемы турбоустановки сепаратор-пароперегреватель (СПП). КПД ПГУ с реактором СВБР-100 составил на конденсационном режиме эксплуатации 45.9%.

Ключевые слова: энергоблок АЭС, ядерный реактор СВБР-100, газотурбинная и парогазовая установки, паровая турбина, тепловая схема турбоустановки, экономичность и мощность парогазового энергоблока.

В данной статье представлены результаты формирования тепловой схемы теплофикационного энергоблока с ядерным реактором СВБР-100 на основе применения парогазовой технологии с выбором основного оборудования и оценкой показателей экономичности. Ранее в [1] авторы показали эффективность использования современных парогазовых технологий для энергоблоков с ядерными реакторами малой и средней мощности. Речь идет о том, что в настоящее время подразделениями Госкорпорации «Росатом» выполняются работы по созданию опытно-промышленного энергоблока АЭС с ядерным реактором СВБР-100 (г. Димитровград Ульяновской обл.), тепловая мощность которого $Q_p = 280$ МВт, и паротурбинной установкой мощностью $N_{э} = 100$ МВт. Модульный реактор СВБР-100 на быстрых нейтронах [2, 3] спроектирован для работы с жидкометаллическим теплоносителем — эвтектическим сплавом свинец—висмут. Данная технология отработана при эксплуатации по-

добных реакторов на атомных подводных лодках России, а проект СВБР-100 в значительной мере отвечает требованиям, предъявляемым к современным ядерным энергетическим установкам. Важной особенностью установки СВБР-100 является интегральная компоновка I контура, оборудование которого размещается в прочном корпусе, а гидравлические связи формируются без использования трубопроводов и арматуры. Благодаря высокому уровню безопасности строительство АЭС с СВБР-100 возможно вблизи населенных пунктов, что позволит использовать такие энергоблоки для целей их централизованного теплоснабжения [4, 5]. По оценкам Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ), потребность в реакторах малой и средней мощности (100–400 МВт) до 2040 г. в мире составит от 500 до 1000 ед. Лидерами в исследованиях и разработке названных реакторов являются Россия, США, Франция и Китай.

Расчеты тепловой схемы конденсационного энергоблока с реактором СВБР-100, построенной по классической схеме с сепаратором-пароперегревателем (СПП) при генерации в реакторе насыщенного пара с давлением перед цилиндром высокого давления турбины (ЦВД) $p_0 = 6.7$ МПа, показали реализацию электрической мощности $N_{э}^{ор} = 101.33$ МВт с КПД турбоустановки $\eta_{э}^{ор} = 35.5\%$. Низкий уровень КПД и проблемы, возникающие при расширении влажного пара в проточной части турбины, заставляют искать решения, позволяющие при сегодняшнем уровне развития энергетики повысить экономичность не только паротурбинной установки, но и в целом атомного энергоблока. Наиболее значимым решением является использование в энергоблоках АЭС парогазовой технологии, особенности применения которой с реактором СВБР-100 представлены в [1]. Показано, что с применением двух газотурбинных установок (ГТУ) GE 6101FA единичной мощ-

ностью 70 МВт, простейшего котла-утилизатора (КУ) и паровой турбины, на входе которой имеет место перегретый пар с температурой 560°C, общая мощность энергоблока составляет $N_{э} = 328.1$ МВт. При этом получено значение электрического КПД брутто 45.39%, что на 10% выше ранее рассмотренного варианта, а также КПД большинства ныне существующих энергоблоков АЭС.

Тепловая схема теплофикационного парогазового энергоблока с ядерным реактором СВБР-100 представлена на рис. 1. В этой схеме также рассматривается возможность применения двух газотурбинных установок GE 6101FA (температура газов на выходе из ГТУ 595°C), котла-утилизатора и паровой турбины. Двухцилиндровая паровая турбина состоит из совмещенного цилиндра высокого и среднего давлений (ЦВСД) и цилиндра низкого давления (ЦНД) с рабочей лопаткой последней ступени длиной 960 мм. Регенеративная установка сформирована из подогревателя низкого давления (ПНД) и деаэратора (Д). Перед реактором подогрев питательной воды

осуществляется в экономайзерной секции КУ. В пароперегревательной секции (ППС) котла-утилизатора насыщенный пар после реактора перегревается до температуры 560°C при давлении 7.0 МПа (давление свежего пара перед турбиной 6.7 МПа). Теплофикационная установка выполнена на основе двухступенчатой схемы подогрева сетевой воды в сетевых подогревателях (СП-1 и СП-2 на рис. 1). Обеспечение температуры уходящих из котла-утилизатора на уровне не ниже 100°C в различных по температуре наружного воздуха и мощности ПГУ режимах ее эксплуатации осуществляется с помощью газо-водяного теплообменника (ГВТО).

Результаты расчета для конденсационного режима эксплуатации (давление в конденсаторе $p_k = 6$ кПа) представленного энергоблока, которому присвоена маркировка ПГУ-Т-320-ЯР, следующие: при расходе свежего пара в турбину $G_0 = 153.3$ кг/с электрическая мощность паротурбинной установки составила $N_{э, ПГУ} = 176.3$ МВт, а всей ПГУ $N_{э, ПГУ} = 316.5$ МВт. При абсолютном элек-

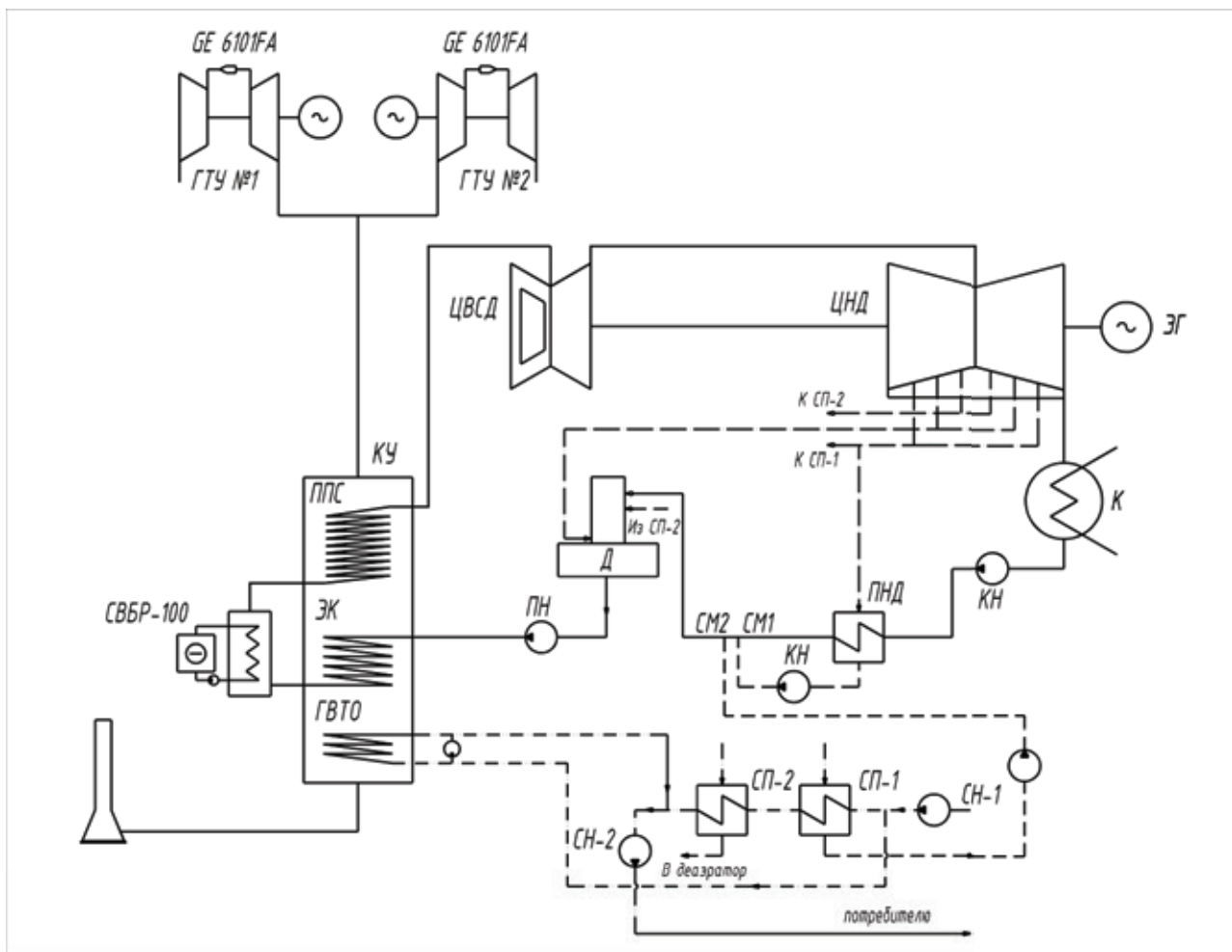


Рис. 1. Тепловая схема парогазовой установки ПГУ-Т-320-ЯР с использованием ядерного реактора СВБР-100:
 ГТУ — газотурбинная установка; КУ — котел-утилизатор; ППС — пароперегревательная секция;
 ЭС — экономайзерная секция; ГВТО — газо-водяной теплообменник; ЦВСД — цилиндр высокого и среднего давлений; ЦНД — цилиндр низкого давления; ЭГ — электрогенератор; К — конденсатор; ПНД — подогреватель низкого давления; Д — деаэратор; ПН — питательный насос; СП — подогреватели сетевой воды; СН — сетевые насосы

трическом КПД ПТУ 38.1% получено значение КПД энергоблока 45.9%.

Расчет теплофикационного режима ПГУ-Т-320-ЯР выполнен для температуры наружного воздуха $t_{\text{нв}} = -25^\circ\text{C}$ с температурным графиком для сетевых подогревателей 110/70 $^\circ\text{C}$ при расходе сетевой воды $W_{\text{св}} = 1967.8$ кг/с (тепловая мощность теплофикационной установки 329.8 МВт). При расходе свежего пара в турбину 153.3 кг/с и расходе пара в сетевые подогреватели 137.15 кг/с электрическая мощность ПТУ составила $N_{\text{э, ПТУ}} = 121.3$ МВт, а всей ПГУ $N_{\text{э, ПГУ}} = 284.3$ МВт. Получено значение коэффициента использования топлива (КИТ) 78.9%. КПД котла-утилизатора при температуре уходящих газов 100 $^\circ\text{C}$ равен 78.2%.

Литература:

1. Касилов, В. Ф., Дудолин А. А., Господченков И. В. Эффективность использования парогазовой технологии в энергоблоке АЭС с ядерным реактором СВБР-100. Теплоэнергетика. — 2015. — № 5. — с. 14–20.
2. Зродников, А. В., Тошинский Г. И., Степанов В. С. Конверсия свинцово-висмутовой реакторной технологии: от реакторов АПЛ к энергетическим реакторам и пути повышения инвестиционной привлекательности ядерной энергетики на базе быстрых реакторов: Докл. на междунар. конф. МАГАТЭ «Fifty years of nuclear power — the next fifty years». Обнинск. — 2004.
3. Модульные многоцелевые свинцово-висмутовые быстрые реакторы для ядерной энергетики / А. В. Зродников, Г. И. Тошинский, О. Г. Григорьев, Ю. Г. Драгунов, В. С. Степанов, Н. Н. Климов, И. И. Копытов, В. Н. Крушельницкий, А. А. Грудаков // Теплоэнергетика. — 2005. — № 1. — с. 16–24.
4. Кузнецов, Ю. Н., Хрилев Л. С., Браилов В. П. Техничко-экономические основы и направления развития атомной теплофикации // Теплоэнергетика, 2008. — № 11. — с. 14–25.
5. Курский, А. С., Калыгин В. В. Эффективность атомной теплофикации // Энергетическая политика. — 2013. — № 4. — с. 48–57.

Методика выделения лучистой составляющей теплового потока

Кривошеев Владимир Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент;

Рахимова Юлия Игоревна, кандидат педагогических наук, доцент;

Савельев Денис Андреевич, студент

Самарский государственный технический университет

В исследовании теплообменных аппаратов, когда один из теплоносителей — продукты сгорания, имеет место совместный теплообмен, состоящий из конвекции и излучения. Прямое измерение лучистой составляющей суммарного потока теплоты вызывает затруднения.

Предложена методика выделения лучистой составляющей теплового потока. Методика основана на различной функциональной связи составляющих потока от температуры:

$$q = a(T_{\text{г}}^4 - T_{\text{ст}}^4) + b(t_{\text{г}} - t_{\text{ст}}) \quad (1)$$

Зависимость носит взаимно-однозначный характер, коэффициент «а» значимо отличен от нуля вплоть до температуры 400 $^\circ\text{C}$. С погрешностью 1%-7% температурой стенки теплообменной поверхности первого слагаемого можно пренебречь. Такое упрощение во втором слагаемом

Выводы

1. Результаты расчетов показали, что применение парогазовой технологии в теплофикационном энергоблоке с ядерным реактором СВБР-100 позволит получить электрическую мощность около 320 МВт в конденсационном режиме эксплуатации с КПД выше 45%, а в теплофикационном режиме $N_{\text{э, ПГУ}} = 284.3$ МВт.

2. По мнению авторов статьи, представленная ПГУ для атомной энергетики России имеет большую перспективу в использовании, поскольку обладает высокой экономической и инвестиционной эффективностью. Подобные тепловые схемы ПГУ возможны для реализации и с другими типами ядерных реакторов малой и средней мощности.

влечет увеличение ошибки в определении коэффициента «а» до 24%. Идентификация (1) экспериментальным данным представляет в распоряжение зависимости коэффициентов конвективного, лучистого теплообменов от геометрических и режимных параметров работы аппарата. Это открывает возможности оптимизации конструкции с учетом разных температур в отдельных участках теплообменной поверхности. В качестве экспериментальных данных можно использовать расчетные величины, полученные при помощи известных эмпирических формул, обобщающих тепловые потоки совместного теплообмена в форме конвективного коэффициента теплообмена. Такой подход позволяет отказаться от постановки специальных экспериментов при проектировании новых и расчете существующих теплообменных аппаратов.

Применение базальтовой ваты в сооружениях АЭС

Магеррамова Инна Александровна, ассистент;

Ращепкина Светлана Алексеевна, кандидат технических наук, профессор РАЕ, доцент
Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

Разработка и применение новых материалов одно из важнейших направлений в современном материаловедении. Применение современных материалов и технологий одна из актуальных задач при строительстве объектов атомной энергетики. В данной работе рассматривается возможность применения базальтовой ваты при изготовлении конструкций АЭС, исследуется влияние базальта на прочность цемента.

Базальт — горная порода с отличными характеристиками. Камень базальт имеет чёрный, дымчатый, тёмно-серый или зеленовато-чёрный цвет. Основу его состава образуют авгит и полевой шпат. Плотность камня составляет 253,0–297,0 МПа. Водопоглощение варьируется в пределах от 0,25 до 10,2%. Коэффициент Пуассона составляет 0,20–0,25. Удельная теплоёмкость 0,85 Дж/кг·К. Температура плавления находится в пределах 1100–1250°C, в некоторых образцах горных пород этот показатель доходит до 1450°C. Соппротивление находится в пределах 60–400 МПа. В минеральный состав базальта входит: вулканическое стекло, микролиты плагиоклазов, титаномагнетита, магнетита, а также клинопироксена. Структура минерала — порфирированная, стекловатая или скрытокристаллическая афирированная. Породы первой разновидности отличаются наличием небольшого количества примесей призм пироксенов чёрного цвета, а также изометричных кристаллов оливина, имеющего жёлто-болотный оттенок. Подобные вкрапления могут достигать четверти всей массы. Помимо этого, в составе базальта может присутствовать роговая обманка и ортопироксен. Самым распространенным акцессорным минералом считается апатит [1].

Базальт используют как строительный камень, как сырьё для изготовления минеральной ваты, в качестве наполнителя для бетонов, а так же для каменного литья. Более того из него делают дорожное покрытие и облицовочные камни, производят кислотоупорный порошок и щебень. Кроме того из базальта производя волокно, из которого в свою очередь изготавливают различные теплозвукоизоляционные материалы [2].

Очень популярны базальтовые облицовочные плиты, выполняющие не только декоративную функцию, но и являющиеся отличными изоляторами. А устойчивость базальта к атмосферным осадкам позволяет его использовать для наружных отделочных работ и отливания скульптур [3]. Материалы, изготовленные на основе базальта, обладают следующими характеристиками: устойчивость к истиранию; стойкость к воздействию щелочей и кислот; отличная теплоизоляция; хорошее шумопоглощение; прочность; термостойкость; высокая диэлек-

тричность; паропроницаемость; долговечность; экологичность [4].

В лаборатории «Эксплуатационная надёжность строительных материалов и конструкций БИТИ» было исследовано изменение механической прочности образцов, полученных из цемента и их прочность при введении различных добавок и измельченной базальтовой ваты.

Образцы изготавливались с использованием портландцемента марки ПЦ 400 и измельченной базальтовой ваты просеянной через сито № 0.2. Минеральный состав портландцемента: C_3S , C_2S , C_3A , C_4AF . Удельная поверхность 310 м²/кг. Химический состав цемента: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , ППП — 0,5. Исследованы пробы цемента после хранения в течении 7–28 сут при нормальных условиях хранения (температура $20 \pm 2^\circ C$, влажность 100%) [5]. Базальтовая вата (пыль) вводилась в количестве 2,5 и 5% от массы цемента. Цемент со специальным Вольским песком и базальтовой пылью перемешивали в шаровой мельнице в течение 2 часов.

Испытания проводились на образцах цементного камня размером 4×4×16 см, полученных в результате твердения теста нормальной густоты при нормальных условиях и после тепловлажностной обработки по режиму: подъем температуры в течение 3 ч, выдержка при температуре 85°C в течение 6 ч и снижение температуры в течение 2 ч.

Эксперимент на образцах цементного камня проводился в два этапа. Все образцы были изготовлены согласно ГОСТ [5]. После первых суток образцы расплывались и пропарили 12 часов и испытаны на третьи сутки, 14 суток и 28 суток.

1 этап. Он состоял из трех замесов различного состава.

1. Первый замес. Проводились исследования контрольного образца (цементного раствора) 500 гр цемента, 1500 кг песка и 200 мл воды, вода подбирается из следующего соотношения В/Ц=0.4 (табл. 1, зам.1).

2. Второй замес был произведен из цемента 487.5 гр, песка 1500 гр, воды 195 мл и базальт размельченного и просеянного через сито № 0.2 (918 отв. на см²), т.е. 2.5% от 500 гр цемента (табл. 1, зам.2).

3. Третий замес также был произведен из цемента 475 гр, песка 1500 гр, воды 190 мл и базальта также размельченного и просеянного через сито № 0.2 (918 отв. на см²), т.е. 5% от 500 гр цемента (табл. 1, зам.3).

2 этап. На этом этапе эксперимент проводился на 33 образцах (11 замесов) с различными добавками (табл. 2).

Таблица 1. Испытание контрольных образцов

Замес	Наименование	Прочность на сжатие, $R_{сж}$, МПа		
		3сут	14сут	28сут
1	Цемент	30.1	32.0	35.0
2	Цемент + базальт 2.5%	39.0	40.0	45.0
3	Цемент + базальт 5%	28.0	29.0	30.0

Таблица 2. Результаты испытаний образцов с различными добавками и базальтом

№	Наименование	Состав	7сут.	14сут.	28сут.
1	Цемент М500	Цемент 500гр. Вода 200мл. Песок 1500гр.	$R_{сж}=530.7$ $R_{изг}=39.3$ (пропаривание)	-	$m=595$ $R_{сж}=240$ $R_{сж}=244$ $R_{изг}=67.4$
2	Цемент + пыль 2.5%	Цемент 487.5гр. Вода 195мл. Песок 1500гр. Базальт 12.5гр.	$R_{сж}=246.4$ $R_{изг}=40.3$ (пропаривание)	-	$R_{сж}=280$ $R_{сж}=300$ $R_{изг}=63.8$
3	Цемент + пыль 5%	Цемент 475гр. Вода 190мл. Песок 1500гр. Базальт 25гр.	$R_{сж}=243.1$ $R_{изг}=41.3$ (пропаривание)	-	$R_{сж}=200$ $R_{сж}=208$ $R_{изг}=55.8$
4	Цемент + добавка (криопласт)	Цемент 490гр. Вода 196мл. Песок 1500гр. Добавка 2%-10гр.	$m=567.5$ $R_{сж}=308.2$ $R_{сж}=205.4$ $R_{изг}=41.4$	$m=564.5$ $R_{сж}=186$ $R_{сж}=164$ $R_{изг}=55.9$	$R_{сж}=320$ $R_{сж}=280$ $R_{изг}=45$
5	Цемент + добавка (криопласт) + пыль 2.5%	Цемент 477.5гр. Вода 191мл. Песок 1500гр. Добавка 10гр Базальт 12.5гр.	$m=593.5$ $R_{сж}=233$ $R_{сж}=294$ $R_{изг}=42.9$	$m=592.9$ $R_{сж}=172$ $R_{сж}=162$ $R_{изг}=52.1$	$R_{сж}=240$ $R_{сж}=300$ $R_{изг}=44$
6	Цемент + добавка (МПФ-НКЛ)	Цемент 496гр. Вода 198.4мл. Песок 1500гр. Добавка 0.8%-4гр.	$m=568.7$ $R_{сж}=171$ $R_{сж}=180$ $R_{изг}=34.9$	$m=575.3$ $R_{сж}=80$ $R_{сж}=64$ $R_{изг}=43.3$	$R_{сж}=250$ $R_{сж}=265$ $R_{изг}=35$
7	Цемент + добавка (МПФ-НКЛ) + Базальт	Цемент 483.5гр. Вода 193.4мл. Песок 1500гр. Добавка 4гр. Базальт 12.5гр.	$m=578$ $R_{сж}=192$ $R_{сж}=185$ $R_{изг}=34.9$	$m=573.5$ $R_{сж}=140$ $R_{сж}=132$ $R_{изг}=38.4$	$R_{сж}=245$ $R_{сж}=260$ $R_{изг}=36$
8	Цемент + добавка (криопласт) + пыль 2.5%	Цемент 477.5гр. Вода 191мл. Песок 1500гр. Добавка 10гр Базальт 12.5гр.	$m=562.7$ $R_{сж}=411$ $R_{сж}=308$ $R_{изг}=29.5$ (пропаривание 12ч)	$m=588.3$ $R_{сж}=192$ $R_{сж}=200$ $R_{изг}=48$	$R_{сж}=415$ $R_{сж}=310$ $R_{изг}=30$
9	Цемент + добавка (МПФ-НКЛ)	Цемент 496гр. Вода 198.4мл. Песок 1500гр. Добавка 0.8%-4гр.	$m=561$ $R_{сж}=274$ $R_{сж}=267$ $R_{изг}=38.5$ (пропаривание 12ч)	$m=569.4$ $R_{сж}=120$ $R_{сж}=148$ $R_{изг}=45.9$	$R_{сж}=275$ $R_{сж}=270$ $R_{изг}=39$

10	Цемент + добавка (криопласт)	Цемент 490гр. Вода 196мл. Песок 1500гр. Добавка 2%-10гр.	$m=565.1$ $R_{сж}=342$ $R_{сж}=295$ $R_{изг}=43.9$ (пропаривание 12ч)	$m=520.9$ $R_{сж}=130$ $R_{сж}=132$ $R_{изг}=40.0$	$R_{сж}=350$ $R_{сж}=300$ $R_{изг}=45$
11	Цемент + добавка (МПФ-НКЛ) + Базальт	Цемент 483.5гр. Вода 193.4мл. Песок 1500гр. Добавка 4гр. Базальт 12.5гр.	$m=569$ $R_{сж}=247$ $R_{сж}=274$ $R_{изг}=45.2$ (пропаривание 12ч)	$m=574.2$ $R_{сж}=164$ $R_{сж}=148$ $R_{изг}=42.4$	$R_{сж}=250$ $R_{сж}=280$ $R_{изг}=46$

Результаты проведенной работы испытаний показывают, что с введением измельченной базальтовой ваты прочность образцов увеличивается более чем на 2,5%, а различные добавки не снижают их прочность. Это по-

зволяет рекомендовать базальт (путем включения в цемент в виде размельченной ваты) к применению в различных конструкциях АЭС повышенной несущей способности.

Литература:

1. Волков, И. В. Фибробетон: состояние и перспективы применения. Промышленное и гражданское строительство, 2002, № 9. с. 37–38.
2. <http://www.stroy-info.ru/bazalt/> Информационно-строительный портал.
3. <http://teploizolyaciya-info.ru/mat/bazaltovoe-volokno-sovremennyj-material-s-unikalnymi-karakteristikami.html>. Базальтовое волокно — современный материал с уникальными характеристиками.
4. Артёмов, С. Е. Будущее за базальтовыми волокнами и композитами на их основе / С. Е. Артёмов, О. Г. Васильева, Ю. А. Кадыкова, А. Н. Леонтьев // Листовое стекло. Междунар. конф. — Саратов: изд-во СГТУ, 2002. — с. 125–128.
5. ГОСТ 31108—2003. Цементы общестроительные. Технические условия. М.: МНТКС, 2004. Актуализирован 15.10.2015.

Компактный теплообменный аппарат

Мансурова Реналия Рустамовна, студент;
Денисенко Ирина Петровна, кандидат технических наук, доцент
Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

При проектировании и конструировании теплообменных аппаратов необходимо в максимально возможной степени удовлетворить многосторонние и часто противоречивые требования, предъявляемые к теплообменникам.

При проектировании поверхностных теплообменников выбор конструкции теплообменника приобретает важнейшее значение. Следует учитывать ряд требований, которым должен удовлетворять данный теплообменник. Эти требования зависят от конкретных условий протекания процесса теплообмена, к которым, прежде всего следует отнести величину тепловой нагрузки аппарата, агрегатное состояние и физико-химические свойства теплоносителей (вязкость и др.), температуру и давление в аппарате, условия теплопереноса (гидродинамические режимы, соотношения между коэффициентами теплоотдачи по обе стороны стенки и др.), и др. Кроме того, теплообменник

должен быть как можно более прост по устройству, компактен, с малой металлоемкостью и т.п. Конструкции теплообменника, который бы удовлетворял всем названным требованиям, нет. Поэтому в каждом конкретном случае теплообмена приходится ограничиваться выбором наиболее подходящей конструкции.

В теплотехнологических установках нефтяной, химической, нефтехимической, газовой и других отраслей промышленности широко используются змеевиковые поверхности нагрева, составленные из прямых труб, соединенных отводами (рис.1). Выпускаемые промышленностью стандартные отводы имеют минимальный радиус изгиба равный наружному диаметру соединенных труб. Это обстоятельство является ограничением для компоновочных решений и сдерживает увеличение площади поверхности труб змеевиков в единице занимаемого ими объема.

Значительно увеличить площадь поверхности теплопередачи в единице объема позволяют коллекторные змеевики. Отличительная особенность состоит в том, что отводы с одной стороны ряда труб змеевика заменены

одной общей коллекторной трубой — соединительным элементом с внутренними диаметральными перегородками — дисками. Конструкция данного змеевика получается проще и технологичнее в изготовлении.

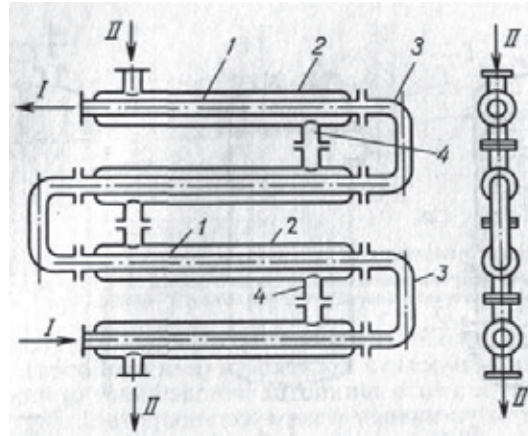


Рис. 1. Двухтрубный теплообменник типа «труба в трубе»: 1-внутренние трубы; 2-наружные трубы; 3-соединительные колена (калачи); 4-соединительные патрубки; I и II — теплоносители

Компактность достигается за счет тесного расположения прямых теплообменных труб в змеевике. Расстояние между соседними трубами может быть уменьшено до

минимальной величины, позволяющей обеспечить наложение качественного сварного шва в месте стыка прямых труб ряда с коллекторными трубами змеевика.

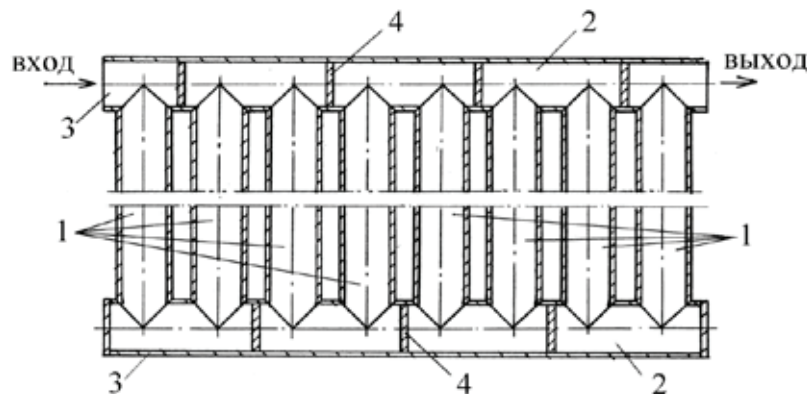


Рис. 2. Разрез элемента однопоточного змеевика: 1 — прямые теплообменные трубы; 2 — отсеки поворотные; 3 — коллекторные соединительные трубы; 4 — перегородки дисковые

Дисковые перегородки крепятся в коллекторных трубах с помощью сварных заклепок, либо с помощью одного или нескольких стержней, прошивающих перегородки в осевом направлении. Концы стержней в концевых участках коллекторных труб закрепляются на их стенках сваркой.

Для сравнения компактности разработанного нового змеевика с расстоянием между прямыми трубами 0,02м и традиционного змеевика, в котором прямые трубы соединены отводами с шагом равным двум диаметрам, использован параметр

$$\varphi = (V_k / V_o)_{F=idem},$$

где V_k и V_o — объемы соответственно предложенного змеевика и змеевика с отводами при одинаковых площадях F поверхностей теплопередачи.

Результаты расчетов для диаметров d прямых труб в интервале от 0,03 до 0,15 показали, что для многорядных змеевиков величина φ снижается с ростом d при коридорной компоновке труб до величины 0,3 и $\varphi = 0,28$ для всех d при шахматной компоновке труб.

К преимуществам предлагаемого нового змеевика следует отнести и значительно более высокую интенсивность теплообмена при поперечном обтекании труб в тесных пучках по отношению к разреженным пучкам. По данным экспери-

ментов [2], например, получено двойное увеличение интенсивности теплообмена с уменьшением продольного шага труб. Данное обстоятельство позволяет дополнительно повысить компактность теплообменного устройства за счет возможного уменьшения площади поверхности теплопередачи.

Использование предложенной конструкции змеевика может быть особенно эффективным при размещении

его в среде жидкого теплоносителя, в том числе и кипящего, а также в среде конденсирующегося пара. Змеевик может найти применение в теплоутилизационных установках, где из-за малых разностей температур теплоносителей традиционные компоновочные решения поверхностей теплопередачи приводят к громоздким конструкциям.

Литература:

1. Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М., «Машиностроение», 1975. — 559с
2. Козлова, Л. Г., Нелипович В. И., Эпик Э. Я. Теплоотдача шахматного пучка, образованного спаренными цилиндрами. — В кн. Теплообмен в энергетических установках. Киев: Наук. думка, 1978. С.94–98.

Энергетическая безопасность объектов

Разуваев Александр Валентинович, доктор технических наук, доцент, профессор
Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

Редько Иван Яковлевич, доктор технических наук, профессор, зам ген директора
ФГУП «ФЭСКО»

Согласно мировой практике, к малой энергетике в настоящее время относят электростанции мощностью до 30 МВт с агрегатами единичной мощностью до 10 МВт отопительные устройства и котлы единичной мощностью до 5 Гкал/ч и котельные общей производительностью до 20 Гкал/ч.

Энергетическая безопасность (ЭБ) является важной компонентой национальной безопасности страны и трактуется как состояние защищенности граждан, общества, государства, экономики от обусловленных внутренними и внешними факторами угроз дефицита всех видов энергии и энергетических ресурсов. В территориальном отношении рассматривают ЭБ на разных уровнях: федеральном, региональном (ведомственном) и местном (локальном). По ситуативному признаку при анализе ЭБ выделяют три основных варианта, соответствующие: 1) нормальным условиям функционирования, 2) критическим ситуациям и 3) чрезвычайным ситуациям.

Проблемы ЭБ России обостряются в связи острым дефицитом инвестиционных ресурсов, недофинансирование капиталовложений в топливно-энергетический комплекс. В связи со значительной выработкой технического ресурса энергооборудованием все большее влияние на ЭБ оказывают аварии, взрывы, пожары техногенного происхождения, а также стихийные бедствия.

Весьма уязвимыми являются централизованные системы энергоснабжения, и это показывает опыт агрессии НАТО в Югославии, который показал, что с помощью сравнительно недорогих боевых блоков, разбрасывающих проводящие нити или графитовую пыль, всего за двое суток было выведено из строя до 70% электроэнергетических систем страны. Уязвимыми являются централизованные системы энергообеспечения и для террористических актов.

Очевидно, что потеря электроснабжения не допустима для большого ряда различных объектов, таких как промышленные объекты с непрерывным производством, объекты городской инфраструктуры, обеспечивающие жизненно важные потребности города, объекты связи, телевидения и радиовещания, некоторые объекты транспорта, медицинские учреждения и т.п. Следует иметь в виду, что потеря электроснабжения часто грозит и авариями в системах теплоснабжения, что особенно опасно в зимнее время. Вместе с тем опасность потери энергоснабжения вследствие указанных выше причин весьма значительна. Устранить ее средствами централизованного энергоснабжения по тем же причинам затруднительно. Вместе с тем, задача повышения энергетической безопасности ответственных объектов может быть решена средствами малой энергетики.

В связи с этим одной из важных задач должно быть всемерное содействие освоению и обобщению лучшего зарубежного опыта, его активному внедрению в практику нашей промышленности с целью переориентировки на поставки современной энергетической техники для нашей страны преимущественно отечественными производителями,

Однако, еще большего внимания требуют вопросы развития дизельные электростанций (ДЭС), которые являются основой малой электроэнергетики и в ней абсолютно преобладают, а также проведению комплекса мероприятий, направленных на повышение их эффективности применения.

Из 50 тысяч малых электростанций России примерно 47 тысяч являются именно дизельными. Такое широкое применение ДЭС определяется рядом важных их преимуществ перед другими типами электростанций:

- высокий к.п.д. (до 0,35–0,4) и, следовательно, малый удельный расход топлива (210–260 г/кВт.ч);
- быстрота пуска (единицы-десятки секунд), полная автоматизация всех технологических процессов, возможность длительной работы без технического обслуживания (до 250 часов и более);
- малый удельный расход воды (или воздуха) для охлаждения двигателей;
- компактность, простота вспомогательных систем и технологического процесса; позволяющие обходиться минимальным количеством обслуживающего персонала;
- малая потребность в строительных объемах (1,5–2 м³/кВт), быстрота строительства зданий станции и монтажа оборудования (степень заводской готовности 0,8–0,85).

Не смотря на наличие ряда проблемных вопросов, в последние годы все большее внимание малой энергетики привлекают рабочие дизельные электротепловые станции (ДЭС), обеспечивающее комбинированную выработку электрической и тепловой энергии за счет утилизации тепловых потерь.

В настоящее время дизели, газовые двигатели и энергетические установки, их агрегаты, узлы, элементы и детали выпускаются более чем на двадцати дизелестроительных и двенадцати специализированных предприятиях России, при этом общий типаж двигателей охватывает мощностной диапазон от 2 до 25000 кВт.

Несмотря на сложное положение, дизелестроительная отрасль России может сегодня создать конкурентоспособные двигатели и обеспечить почти все количественные и номенклатурные потребности народного хозяйства страны, а также экспортировать часть своей продукции.

Так с целью повышения эффективности энергетического комплекса на базе поршневых ДВС выполнен анализ состояния исследований по проблемам использования его вторичных энергоресурсов и разработке систем утилизации теплоты.

Окончательное решение о применении того или иного способа утилизации теплоты необходимо принимать только после всестороннего анализа, целей использования теплоты, а также экономических затрат по их реализации на конкретных ДВС с учетом назначения объекта.

Выполненные [1] исследования по разработке системы внутренней утилизации теплоты для улучшения воздухообеспечения ДВС с турбонаддувом при их функционировании на режимах номинальной нагрузки и перегрузки. Данная система получила название улучшенной системы

воздухообеспечения (УСВ). Суть данной системы заключается в том, что на выделенный участок соплового аппарата турбокомпрессора подается пар, полученной от системы утилизации теплоты.

Для оценки влияния подачи пара из системы утилизации на параметры ДВС разработана методика расчета. Реализация данного алгоритма выполнена с использованием пакета прикладных программ Mathcad и расчеты для двух нагрузочных режимов.

Анализ данных таблицы свидетельствует о том, что подача в турбину небольших количеств пара (6...7% по массе от расхода газов) позволяет увеличить расход воздуха, подаваемого турбокомпрессором на 4...6%, что приводит к снижению расхода топлива на 1...1,5%.

Для проверки достоверности методики расчета параметров работы ДВС с УСВ проведены экспериментальные исследования на специально созданном испытательном стенде. В основе стенда лежит разработанная технологическая схема ДВС с УСВ.

Сопоставление расчетных и экспериментальных данных по параметрам ДВС 6ЧН 21/21 свидетельствует о достаточной достоверности разработанной расчетной методики и позволяет рекомендовать её для расчетов других нагрузочных режимов и других типов ДВС.

Указанный положительный эффект от применения УСВ объясняется тем, что подача пара на участок соплового аппарата турбины эквивалентна уменьшению пропускной способности последней, что приводит к увеличению среднего избыточного давления газов перед турбиной, степени расширения рабочего тела в ней и частоты вращения ротора турбокомпрессора. С ростом мощности агрегата наддува улучшается воздухообеспечение дизеля и его индикаторные и эффективные показатели.

На основании вышеизложенного, есть основания считать, что одним из мероприятий повышения эффективности ДВС и в целом всего энергетического комплекса может быть применена улучшенная система воздухообеспечения. Данная система предназначена для работы в основном на режимах номинальной и максимальной нагрузки на двигатель — генератор и позволяет в критических ситуациях на объектах гражданского или специального назначения обеспечить надежное энергообеспечение объекта, что в свою очередь обеспечивает повышение энергетической безопасности объекта в целом и объектов АЭС в частности.

Кроме того, это мероприятие обеспечивает решение актуальной на сегодня задачи — повышение надежности и эффективности энергетики.

Литература:

1. Агафонов, А. Н., Слесаренко И. В., Гудзь В. Н., Горланов А. В., Пчельников Д. П., Разуваев А. В. Экспериментальные исследования работы ДВС с усовершенствованной системой воздухообеспечения // Двигателестроение. — 2007. — № 2. — с. 11–15.
2. Разуваев, А. В. Поршневые двигатели внутреннего сгорания с высокотемпературным охлаждением. — Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т. — 2001. — 128 с.

3. Агафонов, А. Н., Разуваев А. В. Совершенствование характеристик энергетических установок на базе двигателей ЧН 21/21 объектов малой энергетики. — Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т. — 2006. — 148 с.
4. Разуваев, А. В. Экономическая эффективность эксплуатации ДВС с системой утилизации тепла // Двигателестроение. — 2000. — № 3. — с. 37–38.
5. Терехин, А. Н., Слесаренко И. В., Горланов А. В., Пчельников Д. П., Разуваев А. В. Перспективы развития автономных источников энергоснабжения на базе газопоршневых и газотурбинных двигателей // Двигателестроение. — 2007. — № 1. — с. 30–33.
6. Сайданов, В. О., Путятинский В. А., Агафонов А. Н., Разуваев А. В. и др. Ведомственный свод правил ВСП 43–02–05/МО РФ: Правила проектирования стационарных электростанций с двигателями внутреннего сгорания объектов военной инфраструктуры. — М.: Изд-во Минобороны. — 2005. — 93 с.

Температурная стабилизация измерительного генератора шума

Самсонов Александр Васильевич, кандидат технических наук, доцент;

Самсонов Алексей Александрович, студент

Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

Перов Сергей Яковлевич, преподаватель

Поволжский колледж технологий и менеджмента

Для практики радиоизмерений представляет интерес термостабильный генератор типа излучателя белого шума, т.е. генератор, сохраняющий постоянство спектральной плотности излучения в достаточно широком частотном диапазоне с независимой от температуры шумовой мощностью. Следует отметить, что источников чисто “белого шума” в природе не существует, поскольку такой сигнал имел бы бесконечно большую мощность. Примером генератора типа источники “белого шума” может служить полупроводниковый диод-стабилитрон, излучающий в режиме лавинного электрического пробоя. В работе [1] показано, что если ток диода I предполагается заданным (диод питается от источника тока), то дифференциальное сопротивление его р-п перехода может быть представлено в виде:

$$R_g [I, T(I)] = \left(\frac{\partial U_{np}}{\partial I} \right)_T + \left(\frac{\partial U_{np}}{\partial T} \right)_I \frac{dT}{dI} = R_0 + R_{T1} \quad (1)$$

где первое слагаемое R_0 , называемое лавинным сопротивлением, определяется электрическими процессами в р-п переходе при неизменной температуре, а второе слагаемое учитывает тепловые эффекты при неизменном токе. Равенство (1) справедливо также при “комнатной” температуре, когда обратным током диода I_s можно пренебречь по сравнению с лавинным током I . Температура р-п перехода, пропорциональна мощности питания диода и определяется как:

$$T = R_T U_{np}(T) I \quad (2)$$

где R_T — тепловое сопротивление диода с размерностью (град/Вт), зависящее от условий теплоотвода и элементов конструкции диода. Само напряжение пробоя $U_{np}(T)$ зависит от температуры T линейно в широком интервале температур (от -100 до +100 °С) и определяется выражением:

$$U_{np}(T) = U_{np}(T_0) [1 + b(T - T_0)] \quad (3)$$

с температурным коэффициентом $b \approx 10^{-3}$ град⁻¹.

С учётом (1) и (2) равенство (1) приобретает вид:

$$R_g = R_{np} = R_0 + b U_{np}(T) U_{np}(T_0) R_T \quad (4)$$

где $U_{np}(T_0)$ напряжение пробоя р-п переходе, которое соответствует началу излома ВАХ.

Дифференциальное сопротивление R_0 зависит от структуры и материала р-п перехода (Ge, Si, $A_{III}B_V$). Оно может быть рассчитано для случаев резкого (сплавного) и плавного (диффузионного) р-п переходов. На рис.1 показана типичная обратная ветвь ВАХ лавинного диода, снятая по точкам.

При медленном изменении напряжения обратного смещения, а, следовательно, и тока, таким образом, что его изменение за время тепловой релаксации незначительно, то температуру р-п перехода в каждый момент времени согласно (2) определяется мгновенным значением тока и значением $U_{np}(T)$, которое при измеренном $U_{np}(T_0)$ может быть под-

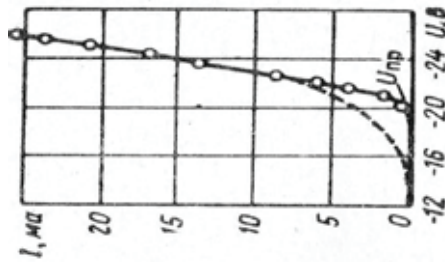


Рис. 1

считано по (3). Соотношение (2) позволяет не только контролировать температуру р-п перехода, но и даёт возможность его термостабилизации. Действительно, допустим температура окружающей среды повысилась на величину $(T - T_0)$. При неизменном I это приводит к увеличению $U_{np}(T)$, а, следовательно, и температуры $p-n$ перехода. Но если компенсировать увеличение $U_{np}(T)$ соответствующим уменьшением тока диода I , то температура самого $p-n$ перехода остаётся неизменной, что, во-первых, предотвращает перерастание электрического пробоя в тепловой, а во-вторых стабилизирует уровень шумовой мощности диода. Величина теплового сопротивления диода K_T находится следующим образом. Вначале по данному типу диода определяется его лавинное сопротивление R_0 . Измеряется тангенс угла наклона ВАХ и находится дифференциальное сопротивление $R_g = R_{np}$. По найденному R_{np} из (4) определяется R_T .

Для реализации данной идеи был спроектирован источник тока для генератора шума на основе известного источника тока, управляемого напряжением с использованием операционных усилителей. Принципиальная схема установки приведена на рис. 2.

Температурная стабилизация осуществляется следующим образом. При изменении температуры в диагонали измерительного моста, содержащего шумовой диод $D1$, выделяется напряжение разбалансировки.

Фильтр, собранный на дросселе $L1$ и конденсаторе $C1$, блокирует проникновение шумового напряжения на вход дифференциального усилителя $DA1$. С помощью подстроечного резистора $R16$ подбирается режим работы схемы для необходимой термостабилизации выходного напряжения. Стендовые испытания показали, что при изменении температуры шумового диода $D1$ от 20 до 150 °С, шумовое выходное напряжение изменялось в пределах десятых долей процента. К выходу эмиттерного повторителя $T2$ нагруженного образцовым резистором подключен декадный аттенюатор. Тем самым осуществляется глубокая регулировка выходного напряжения.

Выводы:

- разработан прецизионный генератор шума с термостабильным выходным напряжением на согласованной нагрузке;
- предложено принципиально иное решение вопроса температурной стабилизации шумового напряжения без внешних термодатчиков;

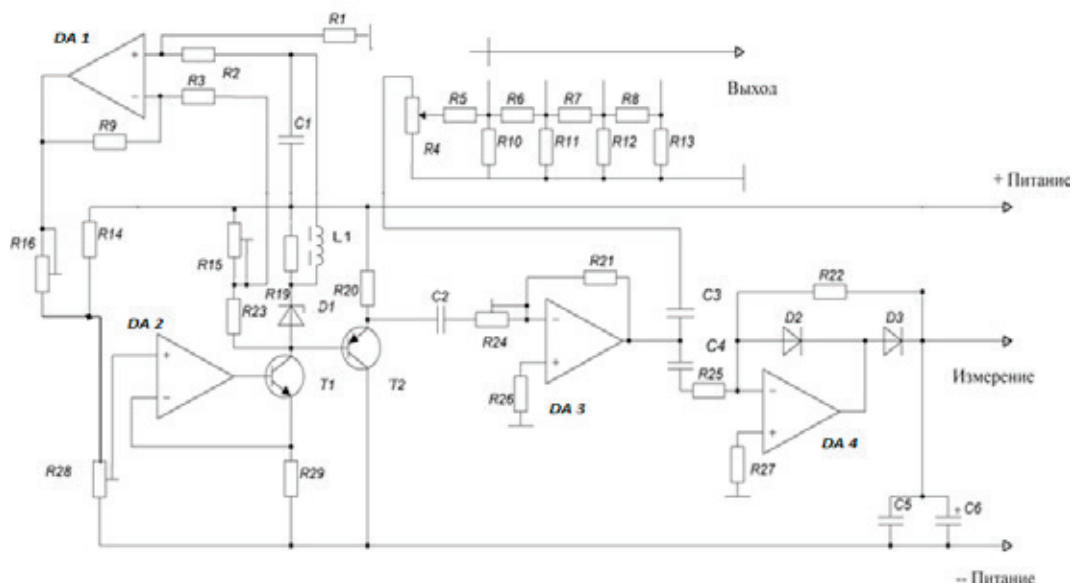


Рис. 2

- предложенная идея термостабилизации генератора шума может быть использована в СВЧ диапазоне на лавинно-пролётных диодах;
- термостабильные генераторы шума в широком диапазоне частот могут быть использованы для калибровки радиометрических приёмников и антенных систем в радиоастрономических измерениях.

Литература:

1. А. С. Тагер, В. М. Вальд-Перлов. Лавинно-пролётные диоды и их применение в технике СВЧ. Москва. «Радио», 2003.
2. Хоровиц, П., Хилл У. Искусство схемотехники в 2-х томах. Москва: Издательство «Мир». Редакция литературы по информатике и электронике, 2006.
3. Диоды и их зарубежные аналоги. Справочник. В 3 томах. Том 4, дополнительный, Черепанов В. П. Издательство «Питер». 2014.
4. Pendergrass, N., Farnbach, J., «A High Resolution, Low Frequency Spectrum Analyzer», Hewlett-Packard Journal, September 2008.

Складной ветродвигатель мобильной ветроэлектростанции

Устинов Николай Андреевич, кандидат технических наук, доцент
Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

Донцова Мария Андреевна, учащаяся;
Журавлева Виталина Владимировна, учащаяся
МАУО «Гимназия № 1» (г. Балаково, Саратовская обл.)

В Саратовской области обширные территории левобережья являются малонаселенными. Существующие пастбища в летнее время содержат мало растительной массы и не могут позволить стадам длительное время находиться на одном месте. Удаленность сел и деревень друг от друга не позволяет протягивать линии электропередач к каждому уголку территории и, следовательно, чабаны должны брать с собой переносные бензогенераторы, чтобы не чувствовать себя обделенными цивилизацией.

Несмотря на то, что всегда есть возможность приехать на машине с топливом, можно рассмотреть альтернативные источники электроэнергии, которые можно было бы брать с собой.

Выбор ограничен гидро- и ветроэнергетикой. При этом реки левобережья обладают малой скоростью течения и передвижные гидроэлектростанции будут неэффективны.

Остается использовать энергию ветра. При этом считается, что экономически оправданной является скорость ветра в 5 метров в секунду.

В Саратовской области среднегодовая скорость ветра не превышает 4 метра в секунду. Однако в 30-е годы в СССР создавались колхозные ветроэлектростанции как для выработки электроэнергии, так и для подачи воды на фермы с рабочей скоростью ветра 3 м/с.

Подобные сооружения имели мощность от единиц до десятков лошадиных сил и имели большие размеры.

В данной работе рассматривается возможность обеспечения маломощных потребителей электрической энергией, с пиковой мощностью не более 500 Ватт.

Для этого достаточен ветродвигатель с поперечной площадью 1 квадратный метр. Увеличением площади или количеством ветродвигателей можно обеспечить и большие потребности в электроэнергии.

Выберем вариант конструкции ветродвигателя, не акцентируясь на остальном оборудовании ветроэлектростанции, как преобразователь напряжения и аккумулятор, т.к. для этого можно использовать готовые решения. Можно использовать и готовый ветродвигатель, но тогда исчезает сам смысл творчества.

Наиболее легким по массе будет ветродвигатель с горизонтальным валом, но такие ветродвигатели работают с большой скоростью ветра. Для малых скоростей более пригоден ветродвигатель с вертикальным валом.

Габариты обоих вариантов примерно одинаковы, так как у двигателя с горизонтальным валом длина определяется хвостом.

В транспортном состоянии ветродвигатели занимают много места, что вынуждает при перевозке выполнять разборку и сборку при доставке.

Для ветродвигателей большой мощности это является обязательным условием, однако для маломощной конструкции можно предусмотреть складной вариант.

При этом размер — высота ветродвигателя как в рабочем, так и транспортном положении остается неизменным, а длина и ширина могут существенно отличаться.

Для решения поставленной задачи был осуществлен патентный поиск известных решений.

За основу взят известный **малообъемный ветродвигатель** содержащий несущий каркас, установленный на центральном вертикальном валу с возможностью вращения относительно его продольной оси, два вертикальных вала, размещенных на несущем каркасе с укрепленными на них лопастями, дефлектор и хвостовую секцию, установленные диаметрально по обе стороны с внешних сторон лопастей, причем вертикальные валы связаны между собой жесткой передачей с отрицательным передаточным отношением и размещены с возможностью расположения лопастей каждого из них в межлопастных промежутках другого при отсутствии соприкосновения лопастей разных вертикальных валов, а дефлектор выполнен в виде двух жестких пластин, соединенных под острым углом друг к другу, и обращен внутренней стороной этого угла к лопастям [1].

Недостатком такого ветродвигателя является громоздкость, затрудняющая транспортировку при частых перемещениях, например в составе группы, работающей в полевых условиях или хранение между использованием в чрезвычайных ситуациях.

Задача, на решение которой направлена заявляемая полезная модель, состоит в создании складной конструкции, обеспечивающей уменьшение габаритов при транспортировании ветродвигателя на новое место или при хранении.

Технический результат, достигаемый при этом, состоит в уменьшении длины и ширины ветродвигателя при его складывании.

Для достижения указанного технического результата, при данной решаемой задаче, пластины дефлекторов складываются друг с другом, лопасти роторов складываются друг с другом, несущий каркас складывается вместе с роторами а хвостовая секция исключается из конструкции ветродвигателя. Несущий каркас в плане выполнен в виде трехлучевой звезды и установлен на центральном вертикальном валу с возможностью вращения относительно его продольной оси. Вертикальные валы размещены на несущем каркасе с возможностью вращения относительно своих продольных осей. На вертикальных валах закреплены лопасти.

Предлагаемый ветродвигатель содержит несущий каркас, установленный на центральном вертикальном валу с возможностью вращения относительно его продольной оси. Вертикальные валы размещены на несущем каркасе с возможностью вращения относительно своих продольных осей. На вертикальных валах закреплены неподвижно по одной лопасти и на шарнирах закреплены остальные лопасти.

Литература:

1. Андреев, С. А., Судник Ю. А., Вагин А. В.. Малообъемный ветродвигатель. Патент на полезную модель № 135009. Оpubл. 27.11.2013 Бюл. № 33.
2. Донцова, М. А., Журавлева В. В. Складной ветродвигатель. Заявка на полезную модель № 2015109302 от 17.03.2015.

На несущем каркасе перед лопастями установлен дефлектор, который выполнен в виде двух пластин, соединенных под острым углом друг к другу на шарнире и обращен внутренней стороной этого угла (расширяющейся его частью) к лопастям. Максимальное расстояние между концами расходящихся пластин дефлектора соответствует расстоянию между вертикальными валами.

Ветродвигатель работает следующим образом. При обтекании ветром пластин и дефлектора образуются два воздушных потока, воздействующие на лопасти Вертикальные валы под действием двух воздушных потоков вращаются в противоположных направлениях. Преобразованная энергии снимается с каждого из вертикальных валов ветродвигателя. Благодаря воздействию воздушного потока на лопасти, несущий каркас с установленными на нем вертикальными валами и дефлектором поворачивается относительно продольной оси центрального вала. В результате этого дефлектор (вершиной угла, образованного пластинами) устанавливается по направлению ветра.

Для складывания ветродвигателя в транспортное положение порядок складывания следующий. Поворачиваются пластины дефлектора в шарнире до складывания друг с другом. Поворачиваются лопасти в шарнирах в сторону неподвижно закрепленной на валу лопасти до складывания с ней. Поворачиваются валы так, чтобы сложенные вместе лопасти были обращены к центральному вертикальному валу. Лучи каркаса поворачиваются в шарнирах до складывания с дефлектором.

Раскладывание ветродвигателя в рабочее положение осуществляется в обратном порядке.

Конструкторская проработка показала, что при складывании размеры ветродвигателя (занимаемый им объем) уменьшается в 5 раз, что означает, вместо одного ветродвигателя можно перевозить 5 штук, а это дает суммарную мощность 2,5кВт.

Изготовленный макет на мощность 10 Ватт приводится в транспортное положение (или обратно в рабочее положение) за 30 секунд.

Следует ожидать, что полноразмерная модель мощностью в 500 Ватт будет раскрываться (закрывается) за такой-же промежуток времени.

Следует отметить, что представленная в интернете модель складного ветроэлектрогенератора «Эолика» мощностью 100 Ватт приводится в рабочее положение усилиями 2 — х человек за 20 мин. Однако в это время входит и установка ветродвигателя на мачту высотой 3 метра, что в нашем варианте не проверялось.

Погружная микроГЭС

Устинов Николай Андреевич, кандидат технических наук, доцент
Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

Ковальчук Елена Александровна, учащаяся 9 класса
МАОУ «СОШ № 25» (г. Балаково, Саратовская обл.)

В Саратовской области много малых рек — притоков реки Волги, которые могут быть потенциальными источниками электроэнергии в районах, удаленных от населенных пунктов, к которым не проложены линии электропередачи. Если посмотреть на карту Саратовской области, то видно, что на малых реках деревни расположены друг от друга на удалении 5–10 км. При этом, между деревнями располагаются поля и пастбища.

Обеспечить комфортный отдых можно при наличии электроэнергии, но тянуть линию электропередачи для малого количества пастухов нерационально и поэтому пастбища, расположенные на удалении от ферм не используются.

Исправить положение можно используя малые гидроэлектростанции, но их производство еще необходимо организовывать. А для этого необходимо знать потенциал рек и на какую мощность рентабельно выпускать микроэлектростанции.

Рассмотрим основные реки и их усредненные характеристики, которые можно узнать из Интернета.

Волга, длина 3530 км; расход воды 8060 м³/с; скорость течения от 0,5 до 1,7 м/с.

Хопер 979 км; 150 м³/с; 0,3 м/с

Медведица 745 км; 69 м³/с; 0,5 м/с

Большой Иргиз 675 км; 23 м³/с; 0,7 м/с.

Иловля 358 км; 9,6 м³/с; 0,3 м/с

Терса 239 км; 5,6 м³/с; 0,4 м/с

Сердоба 160 км; 48 м³/с; 0,35 м/с

Аткара 106 км; 32 м³/с; 0,3 м/с

Идолга 91 км; 23 м³/с; 0,3 м/с

Здесь представлены наиболее крупные реки, но их анализ показывает, что скорость потока явно недостаточна для использования скоростного напора для выработки электроэнергии, в то время как секундный расход мог бы позволить ее выработку при использовании плотинных ГЭС.

Однако строительство таких гидротехнических сооружений невыгодно, хотя — бы из соображения затопления территорий, которые предполагается эксплуатировать.

Так как напорную ГЭС строить нельзя, кинетическая энергия потока невелика, изготавливать гидроэлектростанцию по всему поперечному сечению потока нет смысла. Затраты на изготовление вряд ли когда окупятся и столь габаритное сооружение не будет вписываться в пейзаж.

Однако на этих реках много перекатов и стремнин, где скорость потока превышает 1 м/с, при этом размеры та-

кого участка по фронту редко превышают 3 метра. Это известно из личных наблюдений авторов на некоторых указанных реках.

Это позволяет сделать предположение, что на эти участки можно устанавливать небольшие по размеру (2–3 метра в ширину) гидродвигатели.

Мощность таких микроГЭС не превысит 3–5 кВт, но для стойбища вполне будет достаточно.

Задача — определиться с конструкцией гидродвигателя для микромощной гидроэлектростанции.

Выберем ограничения, которые позволят определить выбор микроГЭС:

- должна работать круглогодично,
- не исказить пейзаж.

Первое требование указывает на то, что рабочий орган должен всегда располагаться ниже уровня промерзания потока. Второе — вся конструкция должна быть полностью погружена в воду, что не противоречит первому ограничению

Этим условиям отвечают гирляндные ГЭС, пропеллерные с горизонтальной осью, ориентированной вдоль потока и лопаточные, с лопатками, установленными на бесконечной ленте.

Первые нет смысла устанавливать, т.к. в большей части поперечного сечения потока реки скорость незначительная и элементы гирлянды, находящиеся в зоне малых скоростей потока будут не производить энергию, а тормозить элементы, находящиеся в зоне высоких скоростей потока.

Пропеллерные должны содержать большое количество колес, так как реки неглубокие и диаметр пропеллера нет смысла изготавливать более 1 метра в диаметре, а это значит, что при ширине потока в 3 метра их потребуется 3 шт.

Остается вариант бесконечной ленты с лопатками. Для лучшего восприятия напора потока по ходу воды может быть установлено несколько лопаток. Такой гидродвигатель напоминает гусеницу трактора с лопатками, ориентированными поперек потока.

Такие микроГЭС известны из патентной литературы и следовательно представляют интерес не только для нашего коллектива. Копировать чужую конструкцию, в принципе можно, с учетом авторских прав. Но более интересно разработать свой вариант, изготовить макет и привести испытания, что соответствует задаче учебного заведения.

Однако, перед этим, есть смысл запатентовать свою идею, чтобы в случае удачного результата испытаний ав-

торские права на нее не успели оформить непричастные к разработке лица.

Известны ГЭС, помещаемые в поток мелкой реки или опускаемые на дно, где поток, воздействуя на лопасти, вращает гидротурбину и передает силу вращения на генератор тока, чаще всего размещенный на поверхности, над водой, включающие корпус устройства, бесконечную ленту в виде цепи, жесткие лопасти, закрепленные на цепи с барабанами, механизмом натягивания цепи и пропуска лопаток через пустотелые барабаны.

Недостатком известных конструкций является необходимость установки поплавков на лопасти, для обеспечения их поднятия при рабочем ходе, что усложняет конструкцию.

Отличием разработанной мкроГЭС является то, что жесткие поворотные лопасти перед рабочим ходом поворачиваются за счет всплывания верхней части без использования дополнительных поплавков и принимают вертикальное положение за счет выполнения пустотелых поплавков.

Как устроена предлагаемая конструкция

Между полыми барабанами (ведущим и ведомым), закрепленными на боках корпуса, натягивается эластичная бесконечная лента из прочного и не растягивающегося материала, на котором закреплены, друг за другом жесткие поворотные лопасти. За вторым (ведомым) барабаном жесткая поворотная лопасть поворачивается и прижимается к ленте, но сами жесткие поворотные лопасти свободно, с минимальным сопротивлением, проходят между донным корпусом и нижней частью движущейся бесконечной ленты благодаря низкому трению смоченных поверхностей лопасти и корпуса. После выхода жесткой поворотной лопасти над ведущим барабаном она перемещается набегающим потоком и вращает эластичную ленту, которая в свою очередь вращает барабан.

Между барабанами и лопастями в виде лопаток на бесконечной ленте расположен герметичный отсек, верхняя и нижняя стороны которого являются поддерживающими направляющими для бесконечной ленты, препятствующими ее провисанию, а во внутренней герметичной полости отсека могут размещаться гидрогене-

раторы и механизмы отбора мощности, и только электрический кабель связывает устройство с берегом. На осях барабанов размещены приспособления для натяжения ленты, причем они могут быть автоматическими.

Предлагаемая конструкция работает следующим образом: весь корпус в сборе с боковыми бортами помещается в поток быстотока или погружается на дно реки, для этого устройство снабжается балластом. Барабаны (ведущий и ведомый) на оси снимаются с тормозного стопора и бесконечная лента под воздействием потока воды на лопасти в виде жесткой поворотной лопасти начинает вращение. В одной из боковых сторон корпуса (в герметичном отсеке) размещен редукционный механизм отбора мощности, например ременная или зубчатая передача, которые передают силу вращения барабанов на генератор, помещенный также в герметичном отсеке между верхней и нижней частями бесконечной ленты, а через электрический кабель энергия передается потребителю на берег.

При верхнем рабочем расположении рабочей зоны бесконечной ленты поднятие жесткой поворотной лопасти обеспечивается архимедовой силой за счет полости в верхней части лопасти, т.е. обеспечивается быстрое и полное раскрытие жестких поворотных лопаток в рабочей зоне бесконечной ленты и складывание этих лопаток в нерабочем положении, в противотоке.

Подобные ГЭС с верхним расположением рабочей зоны могут быть помещены в речку (если она мелкая, но быстрая) несколькими изделиями одновременно, перекрыв ее поперек, тем самым создав дополнительный подпор воды, или распределены эти ГЭС согласно местным условиям ландшафта и русла потока.

Существует возможность выносить генераторы тока за пределы изделия, помещенного в поток, например, посредством гибкого вала или соединять несколько изделий на один вал, тогда герметический отсек служит балластом. Изделия соединяются боковыми бортами и анкеруются, создавая своеобразную перегораживающую плотину из предлагаемых ГЭС, но на одном валу, который через кардан передает мощности вращения на генератор, размещенный на берегу. Возможно размещение группы изделий в крытом, специально отведенном от большой реки канале, с заданным уклоном быстотока, как самостоятельное здание ГЭС.

Литература:

1. Яковенко, А. Л., Навернюк А. М., Жигуленко И. В. Погружная ГЭС с лопатками на бесконечной ленте. Патент на изобретение № :2395000. Опубликовано 27.10.2009, бюл. № 20.
2. Ковальчук, Е.А Погружная микроГЭС с лопатками на бесконечной ленте. Заявка на полезную модель № 2015132708 от 05.08.2015

СЕКЦИЯ 3 «ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОБЪЕКТОВ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ»

Металлические ребристые панели в сооружениях атомной энергетики

Бойчук Сергей Васильевич, ассистент
Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

Практика строительства показала, что использование панелей, в отличие от других конструктивных решений, дает возможность сократить сроки монтажных работ, повысить транспортабельность конструкций, уменьшить стоимость сооружения в целом. Для повышения мобильности, снижения веса металлической стенки объектов емкостных сооружений атомной энергетики были разработаны новые конструкции ребристых цилиндрических панелей [1], которые характеризуются простотой создания и обладающие высокой надежностью.

С целью оценки эффективности металлических панелей в лаборатории Балаковского инженерно-технологического института была проведена серия экспериментов на моделях из тонкостенной листовой стали.

Для этого были изготовлены экспериментальные модели с тремя продольными ребрами полого поперечного сечения из листового металла следующих размеров: длина $L=720\text{мм}$; ширина $B=300\text{мм}$; толщина $t=0,3\text{мм}$. На ли-

стовую заготовку дискретно приваривались полосы шириной $b=60\text{мм}$ и толщиной $t=0,3\text{мм}$ (рис. 1, а).

В процессе подготовки к эксперименту была поставлена следующая задача: требовалось исследовать работу металлической ребристой панели с тремя продольными ребрами, выполненной из листовой стали на воздействие горизонтального давления сыпучего материала.

Испытания проводились на специально изготовленном стенде, позволяющем фиксировать перемещения и деформации при нагрузке подаваемой ступенями. Для создания напряженно-деформированного состояния в моделях панелей, нагрузка прикладывалась штампом по поверхности сыпучего материала равными ступенями (по 50 кг), что позволило получить подробную информацию о перемещениях и деформациях по всей поверхности панели. Перемещения фиксировались индикаторами часового типа. В середине длины панели были прикреплены в пяти точках тензометрические датчики с базой 10мм (рис.1, а).

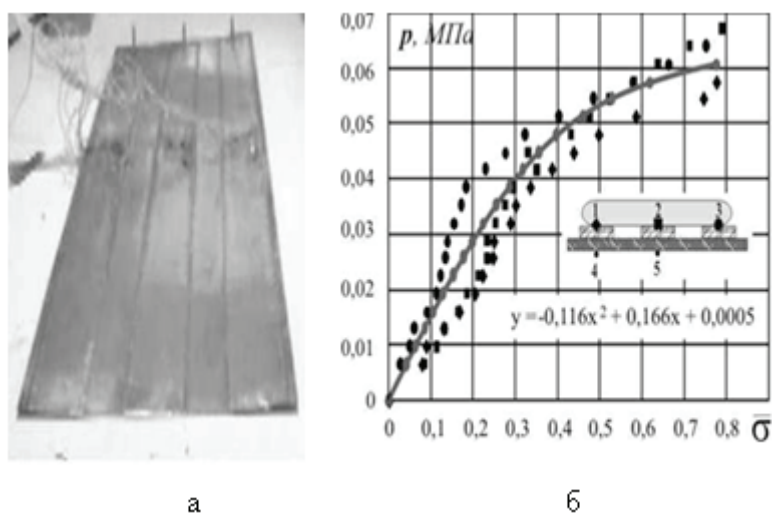


Рис 1. Исследование модели ребристой панели: а — общий вид; б — результаты эксперимента

Измерения показаний тензометрических датчиков регистрировались с помощью цифрового измерителя деформаций. Достоверность показаний приборов контролировалась проверкой стабильности «нулевых» отсчетов.

На рис. 1, б приведены графики, построенные по данным эксперимента на моделях металлических цилиндрических панелей. Следует заметить, что в пределах заданных максимальных нагрузок модель ребристой панели не потеряла общую устойчивость, появились

только небольшие местные потери устойчивости у среднего ребра.

Результаты экспериментальных исследований металлической ребристой панели новой конструкции показали высокую несущую способность и ее эффективность, что позволяет рекомендовать ее в практику реального строительства в качестве ограждающих конструкций в системе емкостных сооружений атомной энергетики для сыпучих материалов.

Литература:

1. Ращепкина, С. А., Бойчук С. В. Хранилище для сыпучих материалов // Сб. кратких сообщений XXVI Российской школы по проблемам науки и технологий, Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 211–212с.

Инновационный способ энергоэффективного кольцевого армирования слабого грунта под экологически опасные и ядерные объекты

Землянский Анатолий Андреевич, доктор технических наук, профессор
Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

Землянский Леонид Анатольевич, руководитель ГПСД
Управление капитального строительства «Балаковская АЭС»

Землянский Константин Анатольевич, инженер
Цех ТАИ «Балаковская АЭС»

В последние годы XX и в начале XXI века в России и за рубежом были зарегистрированы массовые случаи отказов резервуаров емкостью до 100 тыс.м³. В работах Филиппова В.В, Прохорова В.А, Аргунова С.В. и Буслевой Н.И. проведен детальный анализ отказов и аварийных ситуаций высотных, ядерных и экологически опасных объектов, в частности нефтеналивных резервуаров на нефтебазах республики Саха (Якутия) [1].

В Англии в 1966 году также произошло несколько разрушений резервуаров вместимостью от 8 до 24 тыс.м³, причиной разрушения резервуаров явилось возникновение хрупких трещин в сварных швах днища, окраев и непосредственно в уторной зоне, в результате неравномерной деформации грунтового основания [2].

В Японии 18 декабря 1974 года произошла авария резервуара вместимостью 50 тыс.м³ (фирма «Мицубиси Сэки»), также из-за недопустимо больших осадков водонасыщенного грунтового основания [3].

Высокие абсолютные осадки и значительный уровень их неравномерностей на практике недопустимы и при эксплуатации высотных и ядерных объектов.

Применительно к федеральным базам хранения стратегических запасов углеводородного сырья и нефтепродуктов установлено, что аварии большинства крупногабаритных резервуаров для хранения различных углеводородов произошли в основном из-за недопустимо больших осадков грунтового основания, которые привели

к перенапряжению материала днища резервуаров с последующим их разрушением. Последнее свидетельствует о необходимости создания принципиально новой технологии устройства надежного грунтового основания, либо новой конструкции фундамента под высотные, экологически опасные и ядерные объекты, либо принципиально новой системы кольцевого армирования грунта с целью повышения его несущей способности. В последнее время в строительстве интенсивно внедряются активные методы усиления грунтовых оснований за счет:

- локальных взрывных работ, например, при устройстве фундаментов глубокого заложения, с целью уплотнения грунта;
- низкочастотного поверхностного и глубинного виброуплотнения;
- статического послойного уплотнения грунта специальными катками;
- формирования оптимальной влажности грунта, позволяющей добиться максимальной плотности грунта при его уплотнении;
- активного и направленного дренирования грунта с целью его осушения и самоуплотнения.

Однако перечисленные методы требуют серьезных энергетических затрат, что снижает их общую экономическую эффективность.

Последние экспериментальные и теоретические исследования, выполненные как отечественными, так

и зарубежными учеными, при оценке напряженно-деформированного состояния грунтовых оснований, нагруженных по большой площади равномерно-распределенной нагрузкой, позволили установить, что значительная доля вертикальных осадок дневной поверхности линейно-деформированного полупространства происходит из-за больших перемещений расчетной среды в горизонтальном направлении (Иванов Ю. К., 1998 г.).

Использование и обобщение выявленного факта позволило авторам настоящей статьи разработать новый

принцип увеличения несущей способности грунтового основания за счет активного горизонтального армирования грунта с помощью полой кольцевой шпунтовой стенки, преднапряженной по окружающему грунту (Землянский А. А., 2005 г.).

При этом преднапряжение грунта, находящегося во внутренней полости кольцевой шпунтовой стенки, может осуществляться за счет давления воздуха, давления воды или давления саморасширяющегося раствора, нагнетаемого в рабочие полости отдельных элементов кольцевой шпунтовой стенки (рис.1).

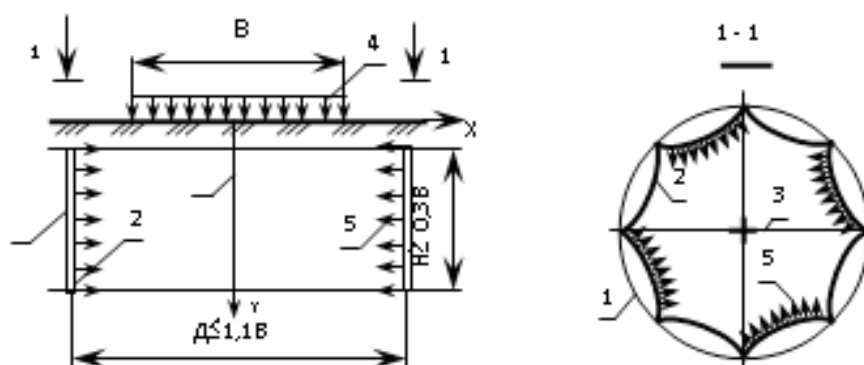


Рис. 1. Конструктивная схема кольцевой шпунтовой стенки с преднапряжением по грунту: 1 — внешняя стенка кольцевой шпунтовой системы; 2 — внутренняя стенка кольцевой шпунтовой системы; 3 — рабочая зона преднапрягаемого грунта; 4 — нагрузка от гибкой фундаментной плиты; 5 — давление преднапряжения грунта

В ходе практической реализации предложенного принципа увеличения несущей способности грунтового основания за счет активного горизонтального армирования, выявлена возможность осуществления двойного преднапряжения исследуемого грунта как за счет активного преднапряжения каждой рабочей секции кольцевой шпунтовой стенки, так и за счет частичного уменьшения рабочего диаметра внешней кольцевой стенки всей рассматриваемой системы. При этом с увеличением давления преднапряжения в каждом рабочем элементе кольцевой стенки будет происходить и более интенсивное увеличение эффективности упрочнения грунта как за счет локального преднапряжения каждой рабочей секции, так и за счет некоторого уменьшения рабочего диаметра всей кольцевой шпунтовой стенки в целом. Проведенные авторами ширококомасштабные эксперименты в полевых и лабораторных условиях позволили установить, что в результате кольцевого преднапряжения слабого грунта несущая способность последнего может быть увеличена более чем в **40 раз**. Именно поэтому рассматриваемую систему активного кольцевого армирования слабого грунта можно отнести к инновационной и прорывной системе позволяющей с минимальными затратами резко увеличить уровень эксплуатационной надежности экологически опасных, высотных и ядерных объектов.

Задача расчета основания армированного преднапряженной системой имеет похожую, но все же значительно

отличающуюся от классической схемы нагружения. Допустим что увеличение несущей способности основания происходит за счет активного горизонтального армирования грунта. В этом случае имеем физически нелинейную постановку задачи с двух параметрическим нагружением q_z и q_x , где:

- q_z — внешнее вертикальное давление, передаваемое на фундаментную плиту (рис. 2);
- q_x — активное горизонтальное давление армирующей системы (рис. 2).

Расчетная схема (рис.2.) представляет собой круглую мембрану, моделирующую днище РВС, из которой в диаметральной направлении вырезана полоска единичной ширины, нагруженная внешней равномерно-распределенной нагрузкой интенсивностью q_z . Тогда вся расчетная схема может быть сведена к плоской задаче. В рассматриваемом случае все уравнения математической модели будут представлять собой систему дифференциальных уравнений в частных производных. При этом область интегрирования будет прямоугольной с системой граничных условий, наложенных на функции вертикальных и горизонтальных перемещений, а также на нормальные и касательные напряжения на контуре области интегрирования (рис. 2). Здесь необходимо иметь ввиду, что наряду с уравнениями модели основания, необходимо уравнение изгиба материала гибкой фундаментной плиты исследуемого объекта с соответствующими граничными

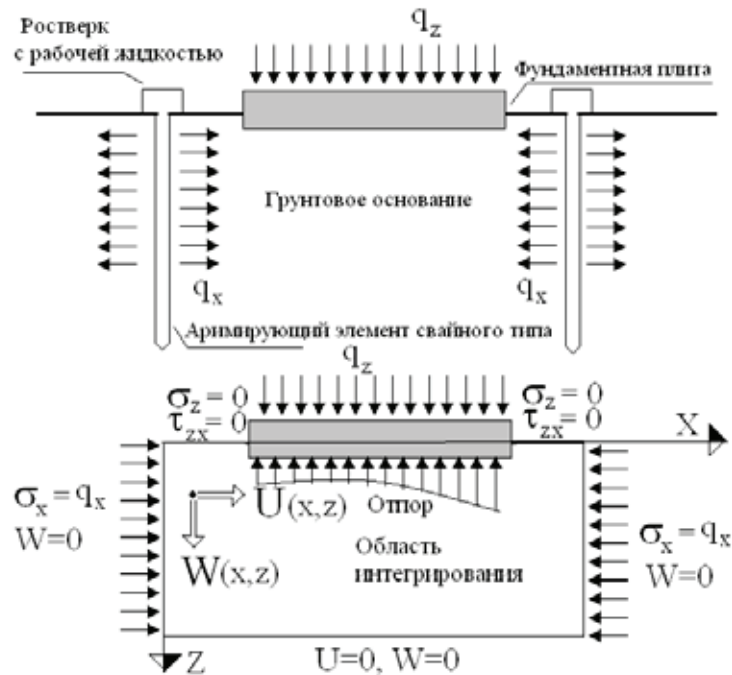


Рис. 2. Расчетная схема кольцевого армирования грунта с преднапряжением

условиями по торцам дна для определения поля напряжений на линии контакта поверхности основания и гибкого фундамента рассматриваемого инженерного объекта с учетом сдвиговых деформаций возникающих на контакте грунта с днищем.

Анализируя полученную расчетную схему, которая представлена на рис. 2 можно увидеть, что традиционные методы механики грунтов с линейно-деформируемой постановкой не могут описать всю историю изменения напряженно-деформированного состояния основания при двухпараметрическом нагружении. Проблема здесь в том, что нам неизвестен отпор основания, который зависит не только от свойств грунтового основания, но и от приведенной жесткости гибкой фундаментной плиты исследуемого объекта, а также от уровня сдвиговых деформаций и касательных напряжений. При этом отпор, очевидно, будет зависеть и от горизонтального преднапряжения основания, а это значит, что в условиях нелинейности принцип суперпозиции для параметров нагружения не будет работать. Существенным здесь является учет истории нагружения, то есть учет последовательности приложения эксплуатационной нагрузки на гибкую фундаментную плиту и активного горизонтального преднапряжения основания под фундаментной плитой.

Практическое внедрение в строительство уникальных, высотных, экологически опасных и ядерных энергетических объектов — системы горизонтального кольцевого преднапряжения грунта связано с разработкой фундаментальной теории расчета напряженно-деформированного состояния преднапряженного основания, нагружаемого вертикальной гидростатической нагрузкой от подошвы фундаментов указанных объектов и работающего в области упругопластических деформаций. Пред-

почтительный способ построения такой теории это принцип виртуальной работы, так как вариационная формулировка, построенная на фундаментальных принципах механики позволяет получить математические зависимости с вполне ясным физическим смыслом. Вариационная формулировка используется в тех случаях, когда принцип виртуальной работы сводится к принципу стационарности потенциальной энергии, который выделяет среди множества всех допустимых состояний, истинное состояние, равновесие которого характеризуется стационарностью потенциальной энергии. В задачах теории пластичности применение вариационных принципов связано с определенными трудностями. Здесь ставится задача нахождения функционала, минимум которого существует и является точным решением задачи о равновесии исследуемой среды. Задача расчета преднапряженного грунтового массива является в определенном смысле более сложной, чем просто задача о напряженно-деформированном состоянии деформируемой среды в упруго-пластической постановке. Сложность здесь связана со спецификой описания работы преднапряженной грунтовой среды. Дело в том, что деформационные свойства грунтовой среды зависят не только от характера и состояния грунтовой среды, но и от траектории ее нагружения. В условиях двухпараметрического характера нагружения, траектория нагружения может быть существенно различной, что отразится на практике на деформационных свойствах и деформационных откликах нагружаемой грунтовой среды.

В ходе активного армирования грунта кольцевой системой преднапряженной по грунту, авторами настоящей работы была выполнена детальная оценка влияния траектории преднапряжения кольцевого армирования грунта

по отношению к траектории загрузки гибкого штампа вертикальной нагрузкой. При этом в настоящей работе

были рассмотрены три варианта синхронизации указанных траекторий, представленных на рис. 3.

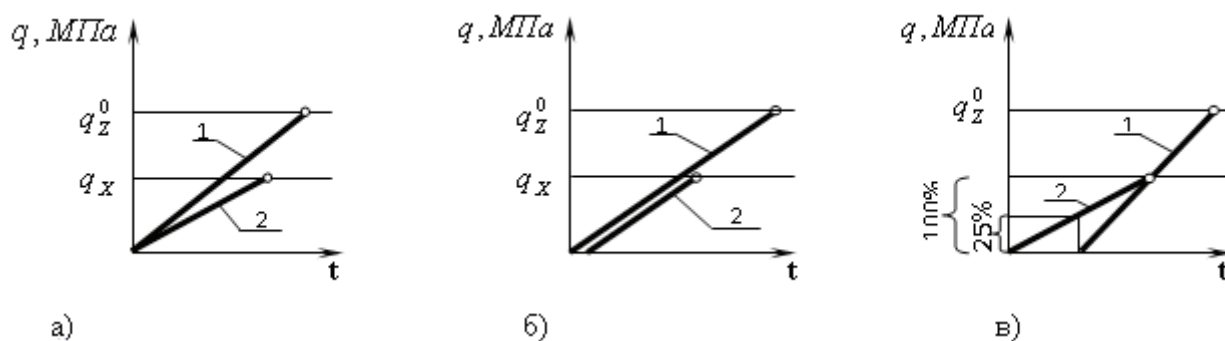


Рис. 3. Варианты синхронизации траектории кольцевого преднапряжения грунта и траектории вертикального нагружения исследуемого упругого полупространства: а — схема отставания горизонтального кольцевого преднапряжения грунта по отношению к его вертикальному нагружению; б — схема одновременного горизонтального кольцевого преднапряжения грунта и его вертикального нагружения; в-схема опережающего горизонтального кольцевого преднапряжения грунта по отношению к его вертикальному нагружению; 1 — траектория загрузки гибкой мембраны вертикальной равномерно распределенной нагрузкой; 2 — траектория загрузки кольцевой горизонтальной системы преднапряжения грунта t — время загрузки; q_x — интенсивность кольцевого преднапряжения грунта; q_z^0 — интенсивность вертикальной нагрузки на грунтовое основание

В первом варианте кольцевое преднапряжение грунта осуществлялось с некоторым наперед заданным опозданием по отношению к траектории загрузки штампа, моделирующего работу подошвы кольцевого фундамента, что составляло в рассматриваемом случае 12,5% от максимально запланированной вертикальной нагрузки.

Во втором варианте кольцевое преднапряжение грунта осуществлялось одновременно с нагружением гибкого штампа вертикальной нагрузкой ступенями, составляющими также 12,5% от максимальной нагрузки на рабочий штамп.

В третьем варианте кольцевое преднапряжение грунта выполнялось с опережением по отношению к траектории загрузки рабочего штампа модели подошвы исследуемого фундамента. При этом указанное опережение осуществлялось в 2 этапа. На первом этапе создавалось только преднапряжение грунта в кольцевом направлении до уровня 25% от максимальной вертикальной нагрузки на днище и лишь после стабилизации напряженно-деформированного состояния преднапряженного грунта начиналось

нагружение рабочего штампа вертикальной равномерно-распределенной нагрузкой ступенями в 12,5% от максимальной вертикальной нагрузки. На втором этапе загрузки опережение кольцевого преднапряжения грунта осуществлялось также ступенями, не превышающими 12,5% от максимальной вертикальной нагрузки.

Все результаты, полученные при моделировании указанных вариантов армирования грунта в лотковых условиях представлены в табл. 1.

Анализ полученных экспериментальных материалов позволил установить, что если принять в табл. 1. осадку грунта в первом варианте загрузки за 100%, то во втором и третьем вариантах осадка исследуемого грунтового основания составляет всего лишь 71% и соответственно 61%, что, в свою очередь, свидетельствует о необходимости использовать на практике именно опережающее кольцевое преднапряжение грунта в горизонтальном направлении.

Таблица 1. Варианты синхронизации траектории загрузки исследуемого грунтового основания

I вариант			II вариант			III вариант		
Давление, МПа		Ср.осадка грунта, мм	Давление, МПа		Ср. осадка грунта, мм	Давление, МПа		Ср. осадка грунта, мм
в гибком штампе	в кольцевой оболочке		в гибком штампе	в кольцевой оболочке		в гибком штампе	в кольцевой оболочке	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,01	0,005	+ 0,74	0,01	0,01	+ 0,30	0,00	0,01	- 0,02

0,02	0,01	+ 1,40	0,02	0,02	+ 0,80	0,00	0,02	- 0,08
0,03	0,015	+ 2,20	0,03	0,03	+ 1,40	0,00	0,03	- 0,14
0,04	0,02	+ 2,90	0,04	0,04	+ 2,00	0,00	0,04	- 0,20
0,06	0,04	+ 3,71	0,06	0,06	+ 2,65	0,02	0,06	+ 0,40
0,08	0,06	+ 4,40	0,08	0,08	+ 3,18	0,06	0,08	+ 1,50
0,10	0,08	+ 5,20	0,10	0,08	+ 3,70	0,10	0,08	+ 2,20
0,12	0,08	+ 5,90	0,12	0,08	+ 4,20	0,12	0,08	+ 3,00
0,14	0,08	+ 6,66	0,14	0,08	+ 4,71	0,14	0,08	+ 3,70
0,16	0,08	+ 7,40	0,16	0,08	+ 5,30	0,16	0,08	+ 4,54
Итого: I/I		100%	Итого: II/I		71%	Итого: III/I		61%

Примечание:

— все три варианта синхронизации траектории загрузки выполнены для 6-го эксперимента (+++) в четырехфакторной матрице планирования;

— деформация грунта со знаком «плюс» свидетельствует о сжатии исследуемого грунтового основания;

— деформация грунта со знаком «-» свидетельствует о подъеме загружаемой поверхности исследуемого грунтового основания

Именно поэтому на практике в ходе разработки сценария кольцевого армирования слабых грунтов с их активным преднапряжением необходимо использовать только третий вариант синхронизации траектории загрузки исследуемого грунта, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях с обязательным и детальным уточнением траектории опережающего преднапряжения грунта в зависимости от размера армируемой площади, величины физико-механических свойств грунта и уровня грунтовых вод в исследуемом массиве.

Выводы

По результатам выполненной работы можно сделать следующие выводы:

1 Разработанная система кольцевого армирования слабых грунтов с активным преднапряжением позволяет увеличить несущую способность, а также снизить ожидаемые абсолютные и неравномерные осадки исследуемого грунтового основания более чем в 40 раз, что позволяет отнести разработанную технологию усиления слабого грунта к — прорывным технологиям;

2 Наличие в предложенной системе кольцевого армирования слабого грунта — активной системы электронного управления позволяет на практике проектиро-

вать и возводить уникальные, высотные, экологически опасные и ядерные объекты с управляемой эксплуатационной надежностью, что в свою очередь позволяет отнести рассматриваемые объекты к интеллектуально разумным инженерным сооружениям — нового поколения;

3 Предложенный принцип активного кольцевого армирования грунта обеспечивает реальную и практическую возможность дискретного управления деформационным поведением грунта внутри армируемого пространства, что позволяет на практике либо предупредить любую предаварийную ситуацию с экологически опасным объектом, либо оперативно устранить причины порождающие формирование указанных ситуаций;

4 Апробированная система кольцевого армирования грунта имеет несопоставимо высокую эффективность как по стоимости, материалоемкости, так и по трудозатратам по сравнению с традиционным вариантом, у которого отсутствует указанное армирование.

5 Экспериментально доказано, что использование траектории опережающего кольцевого преднапряжения грунта в ходе возведения инженерного объекта, позволяет дополнительно более чем на 40% уменьшить деформируемость исследуемого грунта, что позволяет на практике принять апробированную траекторию в качестве «базовой».

Литература:

1. Иванов, Ю.К. Основания и фундаменты резервуаров / Ю.К. Иванов, П.А. Коновалов, Р.А. Мангушев, С.Н. Сотников. Под ред. П.А. Коновалова — М.: Стройиздат, 1998. — 223 с.
2. Котляровский, В.А. Аварии и катастрофы предупреждение и ликвидация последствий / Котляровский В.А., Забегаев А.В. — М.: Изд-во АСВ, 1998. — 203 с.
3. Хайкан, Ж. Аварии большого резервуара в Японии — М.: 1975, Т. 8. № 5 — С 128—142.
4. Землянский, А.А. Принципы конструирования и экспериментально-технические исследования крупногабаритных резервуаров нового поколения / А.А. Землянский — г. Саратов: Изд-во СГТУ, 2005. — 320с.
5. Коновалов, П.А. Фундаменты стальных резервуаров и деформации их оснований / Коновалов П.А., Мангушев Р.А., Сотников С.Н., Землянский А.А., Тарасенко А.А. — М.: Изд-во АСВ, 2009—336 с.

Алгоритм оценки состояния линейных динамических систем

Меланич Владимир Михайлович, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой;

Костикова Дарья Андреевна, студент

Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

При построении замкнутых систем уравнения с обратными связями, необходимо иметь полную информацию о состоянии объекта в каждый момент времени в любой точке пространственной области. Такая информация может быть получена с помощью измерительных устройств, выходные сигналы которых $\bar{y}(t)$ не совпадают со значениями вектора перемещений $y(t)$ динамической системы даже если пренебречь погрешностями процедуры измерения. Это объясняется тем, что число измеряемых величин оказывается меньшим числа управляемых переменных, т. к. измерить их все невозможно. В связи с этим те значения вектора перемещений, которые не могут быть непосредственно измерены, оцениваются в результате некоторого наблюдения за поведением динамической системы.

Очевидно, что измерение управляемых переменных будет более точным, чем их оценка с помощью наблюдения. Поэтому в большинстве случаев нелогично оценивать те значения вектора перемещений $q(t)$, которые можно измерить. Единственным исключением является случай, когда измерение сопровождается большим шумом.

В связи с этим целесообразно синтезировать наблюдатель, дающий оценку только тех составляющих вектора перемещений $q(t)$, которые не могут быть измерены.

Уравнение свободных колебаний системы (без учёта демпфирования) имеет вид:

$$(K - \lambda M) \cdot Y = 0, \quad (1)$$

где $\lambda = \omega^2$ (ω – частота собственных колебаний системы),

Y – вектор амплитуд обобщённых координат.

Разделим все степени свободы динамической системы на измеряемые и подлежащие оценке. Соответствующим этим степеням свободы перемещениям узлов и элементам матриц жесткости K и масс M присвоим индексы r и s :

$$\left(\begin{bmatrix} K_{rr} & K_{rs} \\ K_{sr} & K_{ss} \end{bmatrix} - \lambda \begin{bmatrix} M_{rr} & M_{rs} \\ M_{sr} & M_{ss} \end{bmatrix} \right) \begin{Bmatrix} y_r \\ y_s \end{Bmatrix} = 0 \quad (2)$$

Вводя предположение, что силы инерции возникающие при колебании системы, пренебрежимо малы, упрощаем второе уравнение системы:

$$K_{sr} \cdot y_r + K_{ss} \cdot y_s = 0. \quad (3)$$

Из этого уравнения находим:

$$y_s = -K_{ss}^{-1} \cdot K_{sr} \cdot y_r \quad (4)$$

Эта зависимость устанавливает связь между измеряемыми и оцениваемыми переменными.

Таким образом, вектор перемещений $\{Y\}$ представляется в виде:

$$\{Y\} = \begin{Bmatrix} y_r \\ y_s \end{Bmatrix} = [A_r] \{y_r\}, \quad (5)$$

где $[A_r] = \begin{bmatrix} E_r \\ -K_{ss}^{-1} K_{sr} \end{bmatrix}$ – матрица квазистатического преобразования (E_r – единичная матрица порядка r).

Основными недостатками данного метода оценивания являются: погрешность расчёта, вытекающая из допущения о равенстве нулю инерционных сил в системе, и зависимость точности результата от выбора мест расположения узлов, в которых выполняются измерения.

Ниже рассматривается метод модального синтеза, позволяющий исключить данные недостатки.

Алгоритм данного метода заключается в следующем.

Оцениваемые перемещения узлов динамической системы представляются в виде суммы их статических перемещений, вызванных перемещениями узлов с измеряемыми параметрами, и перемещений системы с жёстко закреплёнными узлами с измеряемыми параметрами, представленных в виде разложения по собственным формам колебаний:

$$y_s = y_{ст} + y_{дин} = -K_{ss}^{-1} \cdot K_{sr} \cdot y_r + \Phi_s q_s, \quad (6)$$

где q_s – вектор обобщённых координат (амплитуд),

$\Phi_s = (\Phi^{(1)}, \Phi^{(2)}, \dots, \Phi^{(N)})$ – собственные формы колебаний,

N – число удерживаемых форм колебаний.

Вектор перемещений системы можно представить следующим образом:

$$\{Y\} = \begin{Bmatrix} y_r \\ y_s \end{Bmatrix} = [A_D] \begin{Bmatrix} y_r \\ q_s \end{Bmatrix}, \quad (7)$$

$$\text{где } [A_D] = \begin{bmatrix} E_r & 0 \\ -K_{ss}^{-1} K_{sr} & \Phi_s \end{bmatrix} \text{ – матрица динамического, преобразования,} \quad (8)$$

Φ_s – матрица собственных форм колебаний системы при закреплённых узлах с измеряемыми перемещениями ($\{y_r\} = 0$), получаемая при решении задачи:

$$([K_{ss}] - \lambda^{(s)} [M_{ss}]) \{y_s\} = 0 \quad (9)$$

Полнота учёта динамических свойств системы в узлах с оцениваемыми перемещениями зависит от количества собственных векторов включенных в матрицу $[\Phi_s]$. Если в $[\Phi_s]$ включаются все собственные векторы, то происходит полный учёт динамических свойств системы в узлах с оцениваемыми перемещениями.

Часто, в целях сокращения объёма вычислений, в $[\Phi_s]$ включается только n_s первых форм колебаний из N_s , т. е. $n_s \ll N_s$.

Используя матрицу преобразования (8), получаем следующие выражения для матриц жёсткости и масс системы при переходе к координатам q_s .

$$[K_D] = [A_D]^T [K] [A_D] = \begin{bmatrix} K_{rr}^* & 0 \\ 0 & \Lambda_s \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$[M_D] = [A_D]^T [M] [A_D] = \begin{bmatrix} M_{rr}^* & M_{rq} \\ M_{qr} & M_{Ns} \end{bmatrix},$$

где $[K_{rr}^*] = [A_r]^T [K] [A_r] = K_{rr} - K_{rs} K_{ss}^{-1} K_{sr}$;

$[M_{rr}^*] = [A_r]^T [M] [A_r] = M_{rr} - 2M_{rs} K_{ss}^{-1} K_{sr} + K_{rs} K_{ss}^{-1} M_{ss} K_{ss}^{-1} K_{sr}$;

Λ_s – диагональная матрица первых n_s из N_s собственных значений получаемых из решения задачи (9).

$M_{qr} = M_{rs} \Phi_s - K_{rs} K_{ss}^{-1} M_{ss} \Phi_s$; $M_{qr} = M_{rq}^T$.

Чтобы исключить координаты q_s , воспользуемся второй строкой матричного уравнения:

$$(K_D - \omega^2 M_D) \begin{Bmatrix} E_r \\ q_s \end{Bmatrix} = 0,$$

которая имеет следующий вид:

$$\Lambda_s q_s = \Lambda M_{qr} y_r - \Lambda E_r q_s = 0,$$

где $\Lambda = \omega_K^2$ – диагональная матрица, порядок которой принимается равным n_s .

Отсюда следует:

$$q_s = B_s \cdot y_r;$$

$$\text{где } B_s = (\Lambda_s - \Lambda)^{-1} \Lambda M_{qr}.$$

Таким образом

$$\{y_s\} = [A_D] \begin{Bmatrix} E_r \\ q_s \end{Bmatrix} \{y_r\} = \left[\frac{E_r}{-K_{ss}^{-1} K_{sr} + \Phi_s B_s} \right] \{y_r\}.$$

Разработанный алгоритм может быть использован в системах оценивания состояния сооружений в случае их мониторинга. При нештатных ситуациях (пожар, взрыв) алгоритм совместно с системой управления сооружением позволит среагировать на внешнее воздействие исполнительными механизмами.

Ребристое покрытие сооружений АЭС из облегченных панелей повышенной несущей способности

Ращепкина Светлана Алексеевна, кандидат технических наук, профессор РАЕ, доцент;

Андреева Наталья Викторовна, инженер

Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

Задача повышения экономической эффективности при сохранении требований по безопасной эксплуатации блоков АЭС в целом и оборудования, в частности требует разработки новейших технологических решений покрытий зданий и сооружений АЭС. Это позволит не только решать задачи технического обслуживания и ремонта, модернизации и вывода из эксплуатации, но и обеспечит экономическую эффективность в условиях его эксплуатации. В практике строительства и проектирования существуют различные типы ребристых покрытий [1]. Многие из них нашли реальное применение в гражданском и промышленном строительстве, используются в практике возведения покрытий цехов, ангаров, складов и т.п.

Проблема соединения металлических панелей, а также стержневых элементов всегда была и остается

и настоящее время актуальной. Известен узел соединения стержней покрытий, включающий звездообразную деталь с прорезями, в которые входят концы плоских стержней [1]. Недостатками такого узла являются сложность монтажа и унификации элементов покрытия, а также повышенная деформативность. Распространен узел соединения стержней оболочки, содержащий узловую деталь звездообразной формы и закрепленные на ней стержни с монтажными прорезями [2]. Однако такое конструктивное решение усложняет монтаж покрытия и унификацию элементов оболочки.

Существует узел соединения стержней каркаса сетчатой оболочки имеющий узловую деталь звездообразной формы с радиальными лучами переменного профиля, к которым прикреплены концы стержней посредством болтов, размещаемых в отверстиях, образованных

в стержнях и лучах. Каждый луч узловой детали имеет утонченный участок — шейку и расположенные симметрично выступы, в которые упираются торцы стержней. Стержни имеют замкнутый коробчатый профиль [2]. В таком решении необходима обрезка торцов стержней под разными углами, которые определяются кривизной поверхности и длиной стержней; за счет разнотипности элементов существенно увеличивается продолжительность сборки ребристой оболочки и снижается надежность узлового сопряжения. Кроме того, указанное решение сложно применять при выполнении покрытия из панелей с краевыми ребрами сегментообразного поперечного сечения, которые образуют полые ребра эллипсоидальной формы путем наложения друг на друга краевых ребер смежных панелей [3].

Нами предлагается новое конструктивное решение покрытия из облегченных панелей, обеспечивающее возможность изготовления ребристых металлических оболочек различных форм с ребрами сегментообразного поперечного сечения с повышением эксплуатационной надежности узлового сопряжения и в целом ребристого покрытия при снижении трудоемкости монтажа [4].

Узел соединения элементов металлической ребристой оболочки состоит из узлового элемента звездообразной формы 2 с радиальными лучами, к которым прикреплены панели 1 через краевые ребра 3 сегментообразного поперечного сечения, образующие полые ребра эллипсоидальной формы 4 путем наложения друг на друга краевых ребер 3 смежных панелей 1 (рис. 1). Полые ребра 4, присоединены к узловому элементу звездообразной формы 2 при помощи шпилек и втулок.

Углы панелей (рис.2) обрезаны по краевым линиям перпендикулярным биссектрисе угла между краевыми

ребрами панелей 1, а сегментообразные краевые ребра 3 панелей 1 соединены с радиальными лучами узловых элементов звездообразной формы посредством высокопрочных втулок, поставленных в отверстия, образованных в полых ребрах 4 и радиальных лучах узлового элемента звездообразной формы 2. Каждый луч имеет утонченную часть — шейку, которая идет к центральной части узлового элемента звездообразной формы 2. Ось втулок перпендикулярна осям радиальных лучей. Форма поперечного сечения концевых участков радиальных лучей длиной $b=200-300$ мм соответствует поперечному сечению полых ребер эллипсоидальной формы 4, в которые они вставлены.

Узел снабжен круглыми накладками 5, в которых образованы радиальные выштамповки и которые соответствуют форме полых ребер эллипсоидальной формы 4. Накладки расположены сверху и внизу узлового соединения и скреплены шпильками, расположенными симметрично по отношению к осям радиальных лучей узловых элементов и полых ребер. Шпильки устанавливаются на концевых участках каждого радиального луча звездообразного элемента 2 с запрессовкой в заранее подготовленные отверстия. Шпилька 6 фиксирует положение эллипсоидального ребра 4 относительно элемента звездообразной формы 2. Помимо этого, шпильки передают часть усилия с ребра на звездообразный элемент 2, позволяя уменьшить нагрузку (усилия) на втулки (высокопрочные болты).

Разница между диаметрами шпильки 6 и отверстием под нее принимается минимальной (0,1–0,5 мм) для обеспечения требуемой точности монтажа ребристой металлической оболочки. Разница в диаметрах втулки и отверстия под нее принимается в пределах 1–3 мм, что

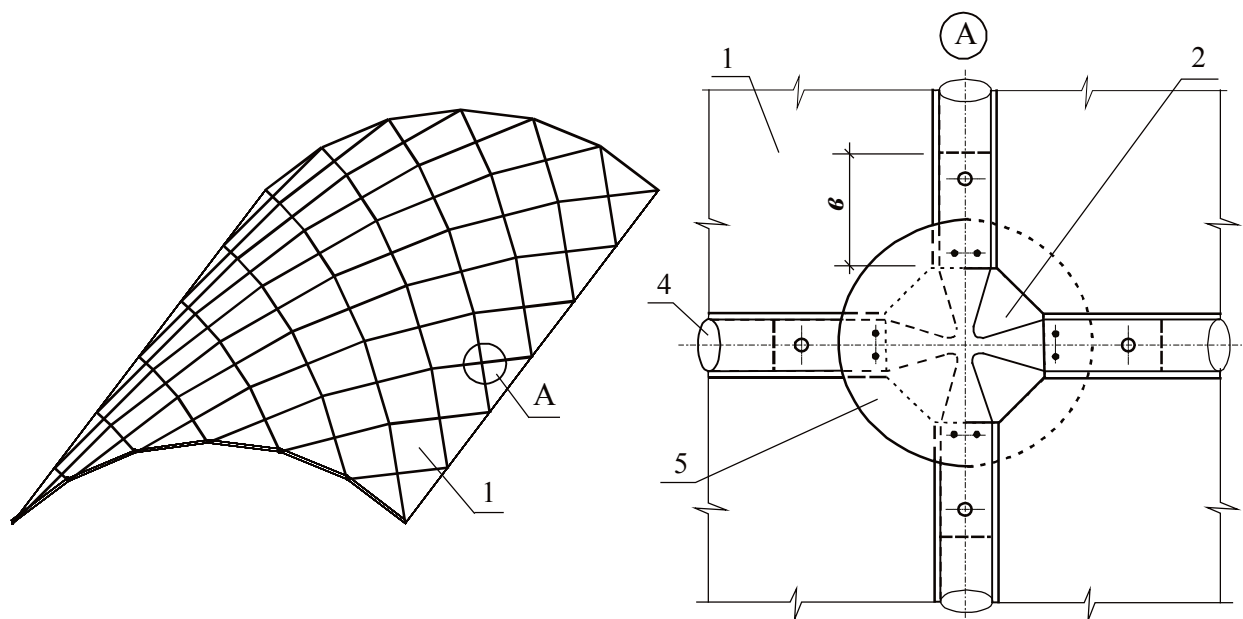


Рис. 1

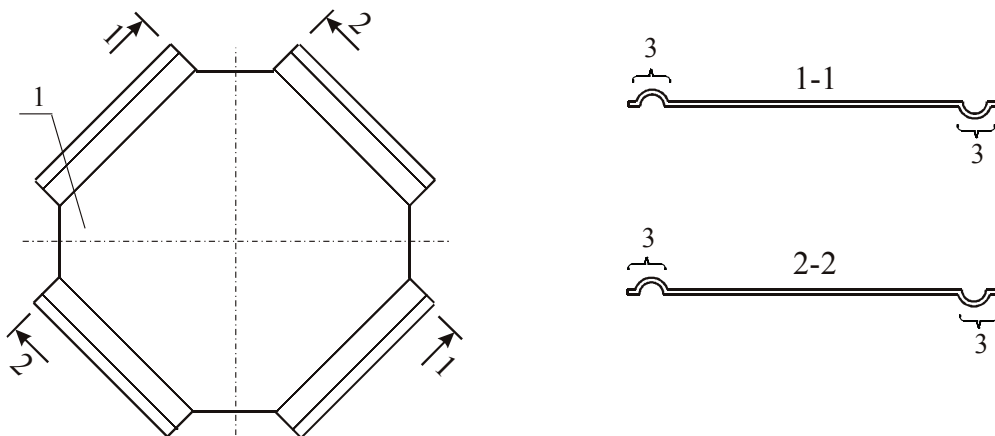


Рис. 2

обеспечивает простоту установки втулок при монтаже оболочки и дает возможность изменения углов наклона эллипсоидальных ребер к оси звездообразного элемента. Индивидуальной обработки торцов полых ребер панели не требуется.

Предлагаемое конструктивное решение узла соединения элементов металлической оболочки позволяет

обеспечить возможность изготовления ребристых оболочек из сборных панелей различных форм и повысить точность их сборки и эксплуатационную надежность узлового сопряжения, продлить срок жизненной способности ребристой металлической оболочки при снижении трудоемкости изготовления элементов и сроков ее монтажа.

Литература:

1. Трущев, А. Г. Пространственные металлические конструкции / А. Г. Трущев. М.: Стройиздат, 1983. — 215 с.
2. Файбишенко, В. К. Металлические конструкции / В. К. Файбишенко. М.: Стройиздат, 1984. — 336 с.
3. Ращепкина, С. А. К вопросу технологии производства новых металлических конструкций. Научно-технический журнал Вестник МГСУ. Специальный выпуск / С. А. Ращепкина. № 3. М.: МГСУ. 2009. С.147–150.
4. Пат. 140552 Российская Федерация. Узел соединения ребристой металлической оболочки / Ращепкина С. А., Андреева Н. В.; заявитель и патентообладатель Саратов. СГТУ. 2014, Бюл. № 2.

Расчет инновационных цилиндрических оболочек объектов атомной энергетики

Ращепкина Светлана Алексеевна, кандидат технических наук, профессор РАЕ, доцент
Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

Атомные электростанции — это наше будущее. Вопросы безопасности — одна из ключевых задач строителей и инженеров-проектировщиков. Должны быть применены инновационные конструкции и современные технологии, которые позволят избежать каких-либо неприятностей. При строительстве и реконструкции объектов АЭС возникает необходимость в экономически эффективных оболочках различного назначения: трубопроводы, охладители, мини-емкости.

Инновационная тонкостенная полая оболочка создается из двухслойной заготовки, образованной из двух полос скрепленных шовной сваркой или клеящим составом [1] с последующим ее деформированием избыточным давлением. Анализ проведенных экспериментов [1, 2] показал, что две полосы под воздействием внутреннего давления, приобретают вид цилиндрической оболочки полого поперечного сечения, образование которого сопровождается большими пластическими деформациями. После снятия давления проектная форма цилиндрической оболочки сохраняется (рис. 1) и имеет высокую несущую способность.

Теоретическое обоснование упруго-пластического деформирования полос сопряжено с большими трудностями, поэтому введем следующие допущения: свойства материала описываются диаграммой $\sigma_i - \varepsilon_i$; сжимаемостью материала пренебрегается; рассматривается стадия активного нагружения; деформации считаются умеренно большими; перемещения срединной поверхности формируемой оболочки большие. Решение задачи формообразования оболочки сводится к решению задачи цилиндрического изгиба стальной полосы при больших перемещениях. Физические уравнения связи напряжений и деформаций в плоском напряженном состоянии [3] запишем в виде:

$$\sigma_x = \frac{4}{3} \cdot \frac{\sigma_i}{\varepsilon_i} \left(\varepsilon_x + \frac{1}{2} \varepsilon_y \right); \sigma_y = \frac{4}{3} \cdot \frac{\sigma_i}{\varepsilon_i} \left(\varepsilon_y + \frac{1}{2} \varepsilon_x \right),$$

где ε_i, σ_i — интенсивность деформации и напряжений; $\varepsilon_\delta, \varepsilon_\delta$ — деформации в направлении осей x и y ; σ_x, σ_y — напряжения в направлении осей x и y .

При цилиндрическом изгибе имеем

$$\varepsilon_y = 0 \text{ и } \varepsilon_0 = \frac{\varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z}{3} = 0, \text{ поэтому } \varepsilon_x = -\varepsilon_z;$$

тогда имеем $\sigma_x = \frac{4}{3} \cdot \frac{\sigma_i}{\varepsilon_i} \cdot \varepsilon_\delta; \sigma_\delta = \frac{4}{3} \cdot \frac{\sigma_i}{\varepsilon_i} \cdot \varepsilon_\delta.$

Представим уравнение диаграммы $\sigma_i - \varepsilon_i$ полиномом нечетной степени, ограничившись при этом двумя членами ряда,

$$\sigma_i = A \cdot \varepsilon_i + C \cdot \varepsilon_i^3,$$

после преобразования напряжения определяются:

$$\sigma_x = \frac{4}{3} \cdot A \cdot \varepsilon_x + \frac{16}{9} \cdot C \cdot \varepsilon_x^3, \tag{1}$$

где A и C — произвольные постоянные, определяемые экспериментально из диаграммы $\sigma_i - \varepsilon_i$.

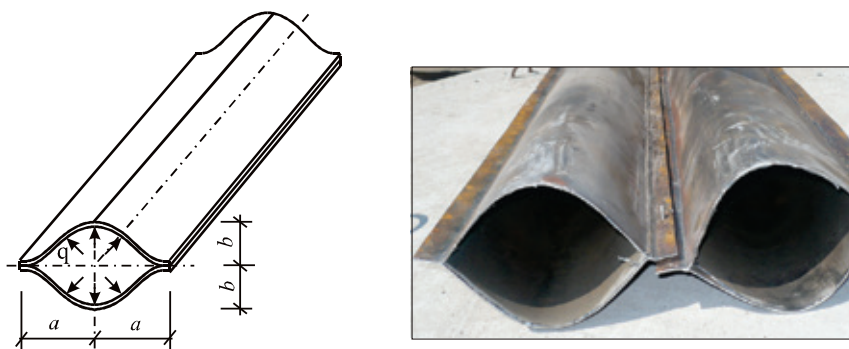


Рис. 1

Задача расчета пластин с прямоугольным очертанием контура оказывается значительно более сложной, чем симметричных круглых пластин. Вызвано это, прежде всего тем, что прогибы и напряжения несимметричной пластины определяются в функции не одного, а двух независимых переменных. Для прямоугольной пластины в качестве таких переменных берутся обычно величины x и y в прямоугольной системе координат.

Вырежем из изогнутой длинной пластины (рис.2) балку-полоску единичной ширины и определим изгибающий момент, выразив его через деформации и прогибы. Здесь: a — деформированная полоса; b — элемент полосы. Линейная деформация на расстоянии z от нейтральной оси [3] равна:

$$\varepsilon_x = \frac{z}{\rho}, \tag{2}$$

где ρ — радиус кривизны нейтрального слоя; z — координата произвольного слоя.

Изгибающий момент, выраженный через деформации с учетом (1) и (2) будет иметь вид:

$$M_x = \int_{-t/2}^{+t/2} \sigma_x = \frac{4}{3} \cdot \frac{A}{\rho} \cdot \frac{t^3}{12} + \frac{16}{9} C \cdot \frac{1}{\rho^3} \cdot \frac{t^5}{80}. \tag{3}$$

Радиус кривизны ρ представим через функцию прогиба срединного слоя балки-полоски. Для больших прогибов:

$$\frac{1}{\rho} = - \frac{W''}{[1 + (W')^2]^{3/2}}. \tag{4}$$

Разложив правую часть выражения (4) в ряд Тейлора и ограничившись двумя членами ряда,

$$\frac{1}{\rho} = -W'' \left[1 - \frac{3}{2} \cdot (W')^2 \right]. \tag{5}$$

выражение (5) преобразуем к виду:

$$M_x = -\frac{A \cdot t^3}{9} \cdot \frac{d^2 W}{dx^2} \left[1 - \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{dW}{dx} \right)^2 \right] - \frac{Ct^5}{45} \cdot \left\{ \frac{d^2 W}{dx^2} \left[1 - \frac{3}{2} \cdot \left(\frac{dW}{dx} \right)^2 \right] \right\}. \tag{6}$$

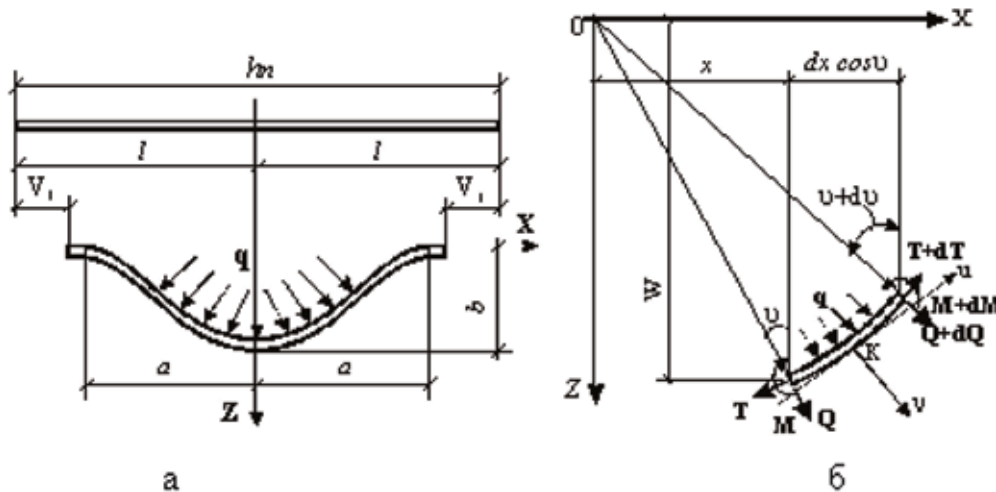


Рис. 2

Выделив из деформированной балки-полоски (рис. 2) элемент dx и рассмотрев его равновесие с учетом пологости в пределах длины, $\sin \frac{dv}{2} \approx \frac{dv}{2}$, $\cos \frac{dv}{2} \approx 1$, получим (рис.2,б):

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = -q + T \cdot \frac{dv}{dx}. \tag{7}$$

Величину T найдем, рассмотрев равновесие выделенного полого элемента (рис.2,б):

$$T = q \cdot (W \cdot \cos v + x \cdot \sin v). \tag{8}$$

Найдём связь перемещения W с углами поворота v нормали. Проектируя все значения перемещений на оси X и Z , и решая полученную систему, будем иметь:

$$\frac{dV}{dx} = 1 - \cos v, \quad \frac{dW}{dx} = -\sin v. \tag{9}$$

Представим разложение тригонометрических функций в ряды Тейлора:

$$\cos v = 1 - \frac{v^2}{2} + \frac{v^4}{24} + \dots;$$

$$\sin v = v - \frac{v^3}{6} + \frac{v^5}{120} + \dots$$

Ограничиваясь, случаем пологой кривой (рис.3), получим:

$$\frac{dV}{dx} = \frac{v^2}{2}; \quad \frac{dW}{dx} = -v. \tag{10}$$

После преобразований выражение (7) с учетом (10) принимает вид:

$$\frac{d^2 M}{dx^2} = -q \cdot \left[1 - (W + x \cdot v) \cdot \frac{dv}{dx} \right]. \tag{11}$$

Решив совместно (10) и (11) с учетом (6), получим дифференциальное уравнение цилиндрического изгиба деформированной полосы:

$$\frac{A \cdot t^3}{9} \cdot \frac{d^2}{dx^2} \left\{ -\frac{dv}{dx} \cdot \left[1 - \frac{3}{2} \cdot v^2 \right] \right\} + -\frac{Ct^5}{45} \cdot \frac{d^2}{dx^2} \left\{ -\frac{dv}{dx} \cdot \left[1 - \frac{3}{2} \cdot v^2 \right] \right\}^3 -$$

$$-q \left[1 - (W - x \cdot v) \cdot \frac{dv}{dx} \right] = 0.$$

Путем численного решения полученного уравнения методом Галеркина было найдено выражение для определения давления сжатого воздуха, необходимого формирования длинной цилиндрической оболочки полого поперечного сечения.

На основе проведенных автором экспериментальных исследований на серии моделей длинных цилиндрических оболочек из полос разных размеров и различных материалов была установлена величина избыточного давления сжатого воздуха, необходимого для формирования их полого поперечного сечения. Сравнение значений давления, полученных экспериментально и теоретически, показало достаточно хорошую сходимость — теоретическая величина избыточного давления превышает экспериментальную на 19%...28% [2].

Литература:

1. Ращепкина, С. А. Металлические емкости из легких конструкций повышенной транспортабельности / С. А. Ращепкина. — Саратов: РИЦ Саратов. гос. техн. ун-та, 2007. — 288 с.
2. Ращепкина, С. А. К вопросу определения параметров формообразования мини-оболочек металлических емкостей / С. А. Ращепкина // Вестник гражданских инженеров. Санкт-Петербург, 2010, № 2. С.54—60.
3. Погорелов, А. В. Дифференциальная геометрия. М.: изд-во «Недра». 1969. 176с.

СЕКЦИЯ 4

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, СОЦИАЛЬНЫЕ И ПРАВОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Низкоэнергетический жилой дом для молодых специалистов

Голова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент;

Клюев Михаил Андреевич, студент;

Грабинский Дмитрий Александрович, студент

Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

В России энергопотребление в домах составляет 400–600 кВт·ч/год на квадратный метр. Этот показатель предполагается снизить к 2020 году на 45% [9].

Низкоэнергетический дом — термин, обозначающий дом с низким потреблением энергии по сравнению со стандартным домом. В таком доме обычно применяется повышенная теплоизоляция, минимизация температурных мостиков, энергоэффективные окна, низкий уровень проникновения воздуха извне (инfiltrация), приточная вентиляция с рекуперацией теплоты, а также более жёсткие требования по отоплению и охлаждению.

В последнее время назрела необходимость строительства быстровозводимых малоэтажных домов с использованием местных экологически чистых строительных материалов, а чтобы при этом они были комфортными и энергоэффективными, необходимо обеспечить достаточно высокий уровень их тепловой защиты. Достичь этого при использовании традиционных тяжелых, дорогих и высокоэнергоемких материалов, таких как кирпич, обычный монолитный и сборный железобетон, сталь, алюминий и пластмассы, а также дорогих импортных утеплителей, не адаптированных к соответствующим климатическим условиям, практически не возможно. Поэтому сегодня альтернативой им могут служить, плотные блоки из соломы льна и ржи, получаемые с помощью механических тюкователей-подборщиков (рис. 1). Такие дома характеризуются долговечностью (около 50 и более лет), достаточной устойчивостью к возгоранию, а также появлению всяческих вредителей [10].

Проведенные авторами исследования показали необходимость более надежной защиты стен и ускорение

сроков строительства из плотных соломенных блоков. Поэтому было предложено с обеих сторон плотных соломенных блоков выполнить слои из торкрет-бетона. На основе экспериментальных исследований была разработана новая многослойная конструкция многослойной стены МС [] и проект низкоэнергетического жилого дома из него (рис. 2).

Конструкция стены симметрична относительно продольно оси и состоит из 5 слоев: 2 внешних несущих слоев из торкрет-бетона; утеплителя из органического материала прессованных соломенных блоков; 2 контактных слоев из соломобетона. Формообразование новой конструкции представлено на рис. 3.

Преимуществами применения органического утеплителя является экологичность, энергосбережение, использование местного материала, привлечение рабочих низкой квалификации. Использование торкрет бетона в качестве несущего слоя позволит повысить долговечность, огнестойкость, прочность конструкции в целом [2,3,4,5].

Стоимость 1 м² жилого дома с таким конструктивным решением стен МС составит от 10,8 тыс. руб/ м² (рис. 4)

Применение такого конструктивного решения позволит внедрить современные инженерные технологии повышения энергоэффективности зданий [1,7,9].

Применение многослойных стен и инженерных методов при проектировании низкоэнергетического дома приведет:

1. Сокращение теплопотерь через стены до 50%, общих теплопотерь здания за отопительный период до 9% и снижение удельного расхода тепловой энергии за отопительный период до 12%.



Рис. 1. Каркасный дом с применением экологически чистого органического утеплителя



Рис. 2. Низкоэнергетический жилой дом для молодых специалистов

Формообразование многослойной конструкции

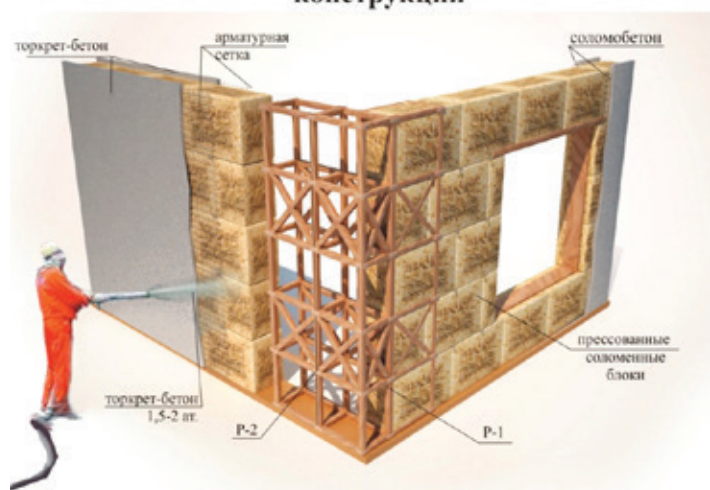


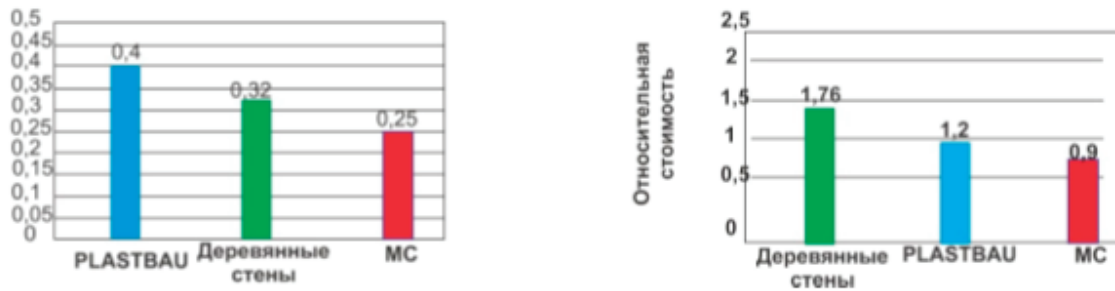
Рис. 3. Формообразование новой конструкции стены

2. Повышение энергоэффективности здания в течение года на 30%, за счет использования органического утеплителя из прессованных соломенных блоков в крыше, перекрытиях и стенах.

3. Снижение затрат на электроэнергию за счет использования солнечных батарей. Срок окупаемости 7–20 лет

4. Применение в низкоэнергоэффективном здании теплого пола в сумме с другими технологиями позволит сократить энергопотребление на 20–30%.

5. Применяя рекуперацию тепла, возможно сохранить до 12.84 кВт. ч. Рекуперация тепла является полезным и действенным дополнением к остальным системам энергозащиты здания.



а) диаграмма сравнительной трудоемкости в чел.-дн. из традиционных материалов

б) диаграмма сравнительной стоимости 1 м² стены здания из различных материалов

Рис. 4. Экономическая эффективность многослойной конструкции стены МС

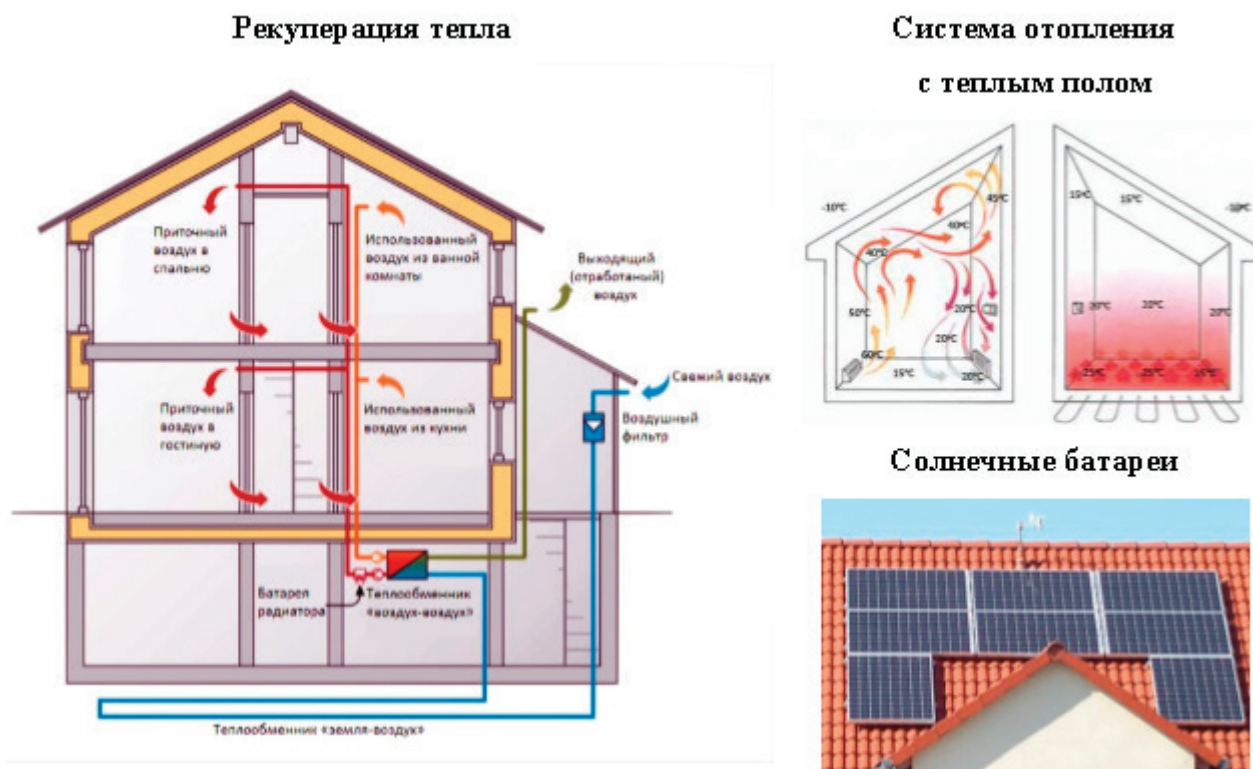


Рис. 5. Инженерные методы повышения энергоэффективности жилого дома

Литература:

1. Автономные системы электроснабжения в гор. Саратов [Электронный ресурс] URL: <http://avtonomka64.ru> (дата обращения 03.04.2015 г.).
2. Голова, Т. А., Денисова А. П. Энергоэффективность многослойной конструкции «Сельская стена» при проектировании малоэтажных зданий// Инженерно-строительный журнал. № 8. 2014. с. 9–19.
3. Денисова, А. П., Емельянова Т. А. Опыт применения торкрет-бетона // Гражданское строительство. № 39. 2011. с. 14–15.
4. Емельянова, Т. А., Денисова А. П. Новый «старый» торкрет-бетон// Промышленное и гражданское строительство. № 9, 2009. с. 55–57.
5. Емельянова, Т. А., Денисова А. П. Оценка долговечности новой многослойной конструкции стены малоэтажных зданий// Молодой ученый, № 12, 2012. с. 61–63.
6. Пат. № 98441. РФ. Многослойный строительный элемент / Т. А. Емельянова, А. П. Денисова // БИ. 2010. № 29.

7. Рекуперация тепла [Электронный ресурс] URL: <http://www.atrea.ru/ru/rekuperatsiya-tepla>. (дата обращения 03.04.2015 г.)
8. СНиП 23–02–2003 Тепловая защита зданий (действующая редакция)
9. Теплые полы (обогрев помещений) [Электронный ресурс] URL: http://www.thm-npo.ru/zadachi/teplie_poli_obogrev_pomescheniy/ (дата обращения 03.04.2015 г.)
10. Широков, Е.И. Экодом нулевого энергопотребления: реальный шаг к устойчивому развитию// Архитектура и строительство России. 2009. № 2.

Применение новых методов анализа затрат как инструмент повышения энергоэффективности энергетической компании

Прутцкова Светлана Валерьевна, кандидат экономических наук, доцент
Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

Энергетическая Стратегия России на период 2030 год продлена на пять лет до 2035 года. В рамках обновленной Энергетической Стратегии России появился новый ориентир «энергетическая эффективность» и подчеркивается, что энергетическая эффективность более широкое понятие, чем энергосбережение. Ориентир «бюджетная эффективность энергетики», который рассматривается в ЭС-2030, в проекте Стратегии расширен до понятия «экономическая эффективность энергетики». Это связано с переходом ТЭК на роль стимулирующей инфраструктуры, обеспечивающей создание условий для развития российской экономики. В рамках Стратегии говорится о необходимости внедрения принципов устойчивого развития в управлении энергетическими компаниями, что даст им возможность повысить свою энергоэффективность. Необходимо отметить, что одним из ключевых факторов, обеспечивающих эффективность энергетических компаний, является управление своими затратами. Особое место в системе управления затратами занимает функция анализа, который помогает оценить эффективность использования всех ресурсов предприятия, выявить резервы снижения затрат на производство, собрать информацию для подготовки планов и принятия рациональных управленческих решений в области затрат. Одна из проблем менеджеров

в данном случае, это выбор соответствующего метода анализа затрат. В практике для выявления затрат, которые могут быть сокращены, используют следующие основные виды анализа: анализ структуры затрат; сравнительный анализ; факторный анализ; анализ носителей затрат; ABC- и XYZ-анализ. Деятельность предприятий свидетельствует о достаточно широкой номенклатуре затрат, формирующих себестоимость энергетических компаний. Поэтому применение многих методов анализа для моделирования и анализа бывает затруднено. Предлагаем начинать упорядочение затрат с их структуризации с помощью ABC-анализа.

Метод ABC основан на статистической закономерности, которая получила название «Правило Парето «20 на 80». Применительно к затратам суть метода ABC состоит в том, что в соответствии с целью анализа выбирается классификационный признак, далее осуществляется ранжирование затрат в порядке убывания этого классификационного признака. Все затраты (одного вида или направления) разделяются на три группы по стоимостному выражению.

Цель такой группировки заключается в отделении существенных позиций затрат от несущественных для установления разных степеней контроля над каждой из позиций затрат. Соответственно начинать работу по на-

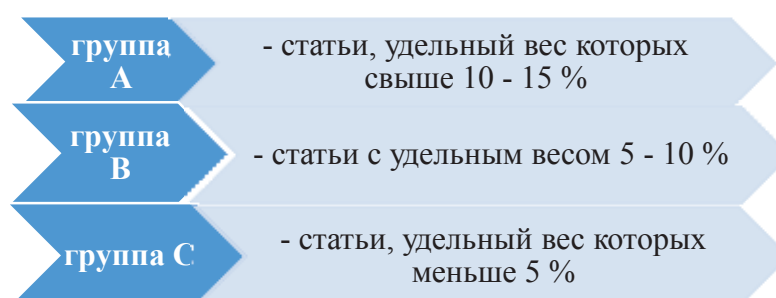


Рис. 1. ABC-анализ затрат

ведению порядка необходимо с самой немногочисленной по количеству, но значительной по стоимости группы А.

Метод ABC даёт возможность получить наиболее обоснованную величину себестоимости, в связи с тем, что в нее включаются только те затраты, которые соответствуют процессам создания. При этом значение соответствующих затрат и места возникновения этих процессов в системе предприятия не является существенным.

Рассмотрим применение ABC-анализа на примере ООО «Промэнерго», которое является предприятием энергоснабжающей отрасли в задачи, которого входит преобразование высокого напряжения в низкое для работы потребителей

Первым этапом в проведении ABC — анализа на предприятии является перечисление всех анализируемых калькуляционных статей, что представлено в таблице 1

Таблица 1. Анализируемые позиции

№	Наименование статьи	Значение
1	Амортизация производственного оборудования	1700,461
2	Материалы	8103,3
3	Зарплата основных производственных рабочих	12567,154
4	Отчисления от зарплаты	3770,71
5	Работы пром. характера	15259,57
6	Цеховые расходы	5171,913
7	Общехозяйственные расходы	13429,98
8	Услуги транспортного цеха	19323,419
9	Земельный налог	788,141
10	Прочие	1826,078
Всего		81940,739

Далее, отсортировываем все позиции по убыванию затрат, что представлено в таблице 2.

Таблица 2. Ранжирование калькуляционных статей по убыванию затрат

№	Наименование статьи	Значение
1	Услуги транспортного цеха	19323,419
2	Работы пром. характера	15259,57
3	Общехозяйственные расходы	13429,98
4	Зарплата основных производственных рабочих	12567,154
5	Материалы	8103,3
6	Цеховые расходы	5171,913
7	Отчисления от зарплаты	3770,71
8	Прочие	1826,078
9	Амортизация производственного оборудования	1700,461
10	Земельный налог	788,141
Всего		81940,739

По результатам ранжирования определяем долю каждой калькуляционной статьи. Необходимо отметить, что в таблице отдельно рассчитывается совокупный процент

и накопительный совокупный% начиная с калькуляционных статей, расположенных в начале таблицы.

Таблица 3. Определение вклада каждой калькуляционной позиции

№	Наименование статьи	Значение	Вклад, %	Накопительный вклад, %
1	Услуги транспортного цеха	19323,419	23,582	23,582
2	Работы пром. характера	15259,57	18,623	42,205
3	Общехозяйственные расходы	13429,98	16,39	58,595

4	Зарплата основных производственных рабочих	12567,154	15,377	73,932
5	Материалы	8103,3	9,899	83,821
6	Цеховые расходы	5171,913	6,312	90,133
7	Отчисления от зарплаты	3770,71	4,602	94,735
8	Прочие	1826,078	2,229	96,964
9	Амортизация производственного оборудования	1700,461	2,075	99,039
10	Земельный налог	788,141	0,96	100
Всего		81940,739	100	

На основе результатов таблицы 3, присваиваем каждой калькуляционной статье соответствующую группу А, В или С.

Таблица 4. Распределение калькуляционных статей по группам затрат

№	Наименование статьи	Значение	Вклад, %	Накопительный вклад, %	Группа
1	Услуги транспортного цеха	19323,419	23,582	23,582	А
2	Работы промхарактера	15259,57	18,623	42,205	А
3	Общехозяйственные расходы	13429,98	16,39	58,595	А
4	Зарплата основных производственных рабочих	12567,154	15,377	73,932	А
5	Материалы	8103,3	9,899	83,821	В
6	Цеховые расходы	5171,913	6,312	90,133	В
7	Отчисления от зарплаты	3770,71	4,602	94,735	С
8	Прочие	1826,078	2,229	96,964	С
9	Амортизация производственного оборудования	1700,461	2,075	99,039	С
10	Земельный налог	788,141	0,96	100	С
	Всего	81940,739	100		

Группа А включает самые затратные статьи, приносящие максимальные затраты, удельный вес которых свыше 10–15%. Группа должна жестко контролироваться, четко прогнозироваться. В нашем случае это расходы на услуги транспортного цеха, работы промышленного характера, общехозяйственные расходы и заработная плата основных производственных рабочих. Последние две статьи затрат требуют особого внимания, поскольку могут свидетельствовать о нерациональном использовании ресурсов.

Группа В — группа статей, которая имеет удельный вес 5–10%. В связи с незначительной долей в структуре себестоимости они могут моделироваться более спокойными и умеренными темпами.

Группа С является наименее затратной группой на предприятии ООО «Промэнерго». К этой группе относятся расходы на оплату земельного налога, их удельный вес составляет менее 1%. Тогда как методике на данную группу затрат должно приходиться менее 5%.

Таким образом, в результате применения метода ABC у менеджеров энергетических компаний появляется возможность принятия более обоснованных решений по различным направлениям деятельности предприятия. В об-

ласти снижения затрат предприятия реальная картина затрат дает возможность точнее определять виды затрат, которые необходимо оптимизировать. Появляется возможность разработки более эффективной ценовой политики. Поскольку точное отнесение затрат на объекты калькуляции позволяет определить нижнюю границу цен, дальнейшее снижение которых относительно такой границы ведет к убыточности услуги. Знание величины реальной себестоимости дает возможность разработать программу действий по отношению к той или иной услуге. На основе полученной в ходе анализа информации разрабатывается программа по оптимизации затрат или поддержанию на текущем уровне. В последнее время российские предприятия ориентируются на себестоимость не только традиционных объектов калькулирования, но и на нетрадиционные, такие как операции. Методика ABC дает возможность оценить стоимость конкретной операции и решить, целесообразно ли передавать те или иные операции подрядчикам или необходимо проводить организационные преобразования.

В результате внедрения этого метода удастся выявить 30–40% затрат в общем объеме расходов, которых можно избежать, что несомненно повышает эффективность компаний энергетической отрасли.

Литература:

1. Прогноз научно-технологического развития России на период до 2030 года. Утвержден Председателем Правительства Российской Федерации // резолюция № ДМ-П8—5 от 3 января 2014 года.
2. Протокол заседания Правительства Российской Федерации от 30 октября 2013 г. № 38 о продлении стратегического периода до 2035 года.
3. Энергетическая стратегия России на период до 2035 года. Основные положения // <http://minenergo.gov.ru/>
4. Старинская, Г., Серов М., Песчинский И. Минэнерго доработало энергостратегию до 2035 года // <http://www.vedomosti.ru/business/art>

Формирование профессиональной компетентности энергосбережения у студентов теплоэнергетических факультетов

Рахимова Юлия Игоревна, кандидат педагогических наук, доцент
Самарский государственный технический университет

Для современной энергетики требуются профессионалы высокой степени квалификации, образованные и обладающие широким спектром компетенций, умеющие ориентироваться в потоке новой информации, способные быстро и четко решать сложные производственные задачи при постоянно изменяющихся условиях. Однако кадровый состав теплоэнергетических предприятий указывает на нехватку нужного количества квалифицированных работников. Решение данной проблемы требует существенного изменения системы подготовки студентов технических вузов, обучающихся по направлению 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника» в области энергосбережения и энергосберегающих технологий. Однако в настоящее время, обучая по имеющимся образовательным программам, сложно выпускать конкурентоспособного специалиста обладающего компетентностью энергосбережения. Для того чтобы выпустить компетентного работника, нужно внести изменения в образовательный и воспитательный процесс в вузах.

В связи с этим представляется необходимым внедрение в учебно-воспитательный процесс теплоэнергетических факультетов актуальное и востребованное направление энергосбережения для формирования и воспитания качественно нового специалиста со сформированной компетентностью энергосбережения.

Под профессиональной компетентности энергосбережения (ПКЭ) будем понимать интегративное свойство личности, обеспечивающее способность и готовность самостоятельно и ответственно принимать производственные решения и достигать необходимых результатов при выборе новых энергосберегающих технологий для повышения энергоэффективности каждого предприятия, представленная определенной совокупностью базовых профессиональных компетенций энергосбережения.

Обоснование включения профессиональной компетентности энергосбережения в систему подготовки студентов теплоэнергетических факультетов, обучающихся

по специальностям: 140104 «Промышленная теплоэнергетика», 140105 «Энергетика теплотехнологий», 140106 «Энергообеспечение предприятий», нами было проведено на основании анализа Государственного образовательного стандарта направления 140100 «Теплоэнергетика и теплотехника», учебного плана данных специальностей и рабочей программы дисциплины «Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях».

Процесс формирования ПКЭ должен осуществляться в соответствии со следующими принципами:

1. Практическая значимость (результатом формирования ПКЭ будущего теплоэнергетика является способность на практике принимать энергосберегающие решения);
2. Доступная формулировка (цели, задачи, профессиональные энергосберегающие компетенции должны иметь четкую формулировку);
3. Самодостаточность (формируемая ПКЭ должна отражать все возможные аспекты профессиональной деятельности будущего специалиста);
4. Диагностичность (сформированность ПКЭ должна проверяться в соответствии с четко обозначенными критериями).

На основе анализа ФГОС ВПО для направления подготовки «Теплоэнергетика и теплотехника», рабочей программы дисциплины «Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях» для специальностей 140104 «Промышленная теплоэнергетика», 140105 «Энергетика теплотехнологий», 140106 «Энергообеспечение предприятий» нами был предложен перечень базовых профессиональных компетенций энергосбережения:

1. Готовность оперировать нормативно-правовыми и научно-техническими аспектами в области энергосбережения;
2. Способность применять нормативно-правовые и научно-технические аспекты в области энергосбере-

жения при оценке состояния энергетического хозяйства предприятий и объектов ЖКХ;

3. Способность использовать информацию о современных энергосберегающих технологиях, типовых энергосберегающих мероприятиях, типах и характеристиках энергоэффективного оборудования; владение навыками составления и расчета энергетического баланса предприятия, его потенциала в области энергосбережения и показателей эффективности потребления энергии на предприятии;

4. Способность разбираться в методиках проведения энергетического аудита с применением их на практике для решения поставленной задачи, уметь формировать законченное представление о принятых решениях и полученных результатах в виде отчета о проведении энергетического аудита и энергетического паспорта промышленного предприятия;

5. Готовность оценивать энергетическую эффективность оборудования, технологических установок, производств; оценивать экономию энергетических ресурсов за счет проведения энергосберегающих мероприятий;

6. Способность применять передовые методы управления производством, передачи и потребления энергии и применяемое энергосберегающее оборудование; методы проведения энергетических обследований потребителей энергетических ресурсов; типовые энергосберегающие мероприятия в промышленности и на объектах жилищно-коммунального хозяйства.

Отбор компетенций является одной из актуальных проблем в контексте компетентностного подхода. Несмотря на то, что компетенции представляют собой многоплановые и многоструктурные характеристики, оценка и измерение которых тяжело поддаются измерениям, при выборе компетенций важно учесть, что инженер должен представлять пути, движущие силы и механизмы научно-технического прогресса и уметь выполнять действия, приводящие к развитию своей отрасли. Поэтому важно при отборе профессиональных компетенций учитывать возможность повышения уровня инженерного образования.

Деятельность инженера теплоэнергетической отрасли — это деятельность по изучению свойств больших развивающихся систем в энергетике; совершенствованию способов получения, преобразования, передачи, распределения и использования энергоресурсов. Кроме того, обеспечение энергетической безопасности страны и регионов; удовлетворение потребностей экономики и населения страны в тепловой энергии; обеспечение надежности и безопасности работы системы теплоснабжения России в нормальных и чрезвычайных ситуациях; инвестиционно-инновационное обновление отрасли, направленное на обеспечение высокой энергетической, экономической и экологической эффективности производства, транспорта, распределения и использования энергии специалистами теплоэнергетической отрасли становится возможным только благодаря их личностным особенностям и компетенциям.

Современный энергогород как субкультурный бренд

Хилимов Юрий Викторович, кандидат технических наук, доцент;

Толок Екатерина Сергеевна, ассистент

Балаковский инженерно-технологический институт-филиал НИЯУ МИФИ

В условиях, когда малые и средние города нуждаются в интенсивном развитии, особенно большое значение приобретает вопрос формирования благоприятного, привлекательного имиджа данных пространств. Причем такого рода установка, прежде всего, важна для самого города, а не для внешнего его позиционирования в регионе и в стране в целом.

Началом подобного строительства должны стать своеобразные «точки» собирания города, обладающие существенным потенциалом экономического, социального и культурного свойства. Одновременно, это есть не что иное, как запуск процесса поиска собственной идентичности, которая вследствие различных причин в значительной части российских городов частично или полностью утеряна. Это в полной мере относится к историческому прошлому и культурному наследию большинства отечественных городов, нуждающихся в заботе и реконструкции. Однако в силу своей специфики сфера куль-

туры сложна, чтобы стать «точкой» такого собирания, если конечно речь не идет об уже развитом культурном бренде как, например, в случае Суздали или Плеса. Развитие города через активизацию его культурного потенциала рассчитано на долгосрочную перспективу и требует серьезных финансовых влияний. Кроме того, исходные (географические, историко-культурные, экологические и пр.) данные многих городов представляют дополнительную проблему, заранее указывающие на очевидность возможных рисков реализации дорогостоящих проектов.

Платформой другого направления брендинга является промышленное предприятие. Формирование положительного имиджа города в этом случае, конечно, также имеет свои проблемы. В первую очередь это традиционный комплекс экологических проблем, а также низкий уровень менеджмента, проявляющейся в недостаточной социальной поддержке работников, слабой корпоративной политики и формальной деятельности профсоюзов. Без-

условно, к факторам, снижающим эффективность данной стратегии, следует отнести уязвимость от экономических кризисов, которые диктуют оптимизацию, а значит сокращение всех социокультурных программ. В этой связи, в современной России, сфера энергетики выступает одной из немногих направлений сохраняющих перспективность успешного развития собственного бренда.

Предприятия отрасли энергетики обладают важным потенциалом для развития города и региона, а именно: достаточно высоким уровнем интеллектуальных ресурсов, высокой заработной платой, корпоративной культурой и самостоятельной социальной политикой. Очевидно, что ключевым обстоятельством в формировании бренда энергогорода является финансовое и социальное благополучие работников имеджеобразующих предприятий. Это позволяет говорить о них как о наиболее активной категории горожан на рынке потребления, непосредственным образом влияющей на выбор качества и разнообразия существующих товаров и услуг в данной локации. В контексте анализа энергогорода как субкультурного бренда вызывает интерес предлагаемый стиль жизни человека, связанный с участием в деятельности общественных организаций и движений, с выбором более качественных медицинских, образовательных услуг и досуговых практик. Последнее несет большой вклад в создание благоприятной среды для развития культуры, поскольку представляет широкий спектр возможностей личностной актуализации в спорте, туризме, в качестве потребителя продукта театрального, музейного, концертного и кинематографического творчества. Иными словами, носители настоящего бренда выражают определенные ментальные и ценностные установки, способствующие позиционированию тотальной идеи развития.

Отдельного внимания заслуживает анализ ценностного содержания энергогорода как субкультурного бренда. Данный бренд успешно соотносится с высшими ценностями самоактуализации, так как позволяет удовлетворить базовые потребности человека без излишней акцентуации на них. В этом случае есть основания полагать, что человек относительно быстро решит вопросы бытового комфорта, что впрочем, является также очень важным и обратиться к осуществлению запросов более высокого поиска. К таковым следует отнести обращение к познанию в широком смысле, потребность в философском и психологическом диалоге, интерес к искусству, участие в благотворительной и общественной жизни. Таким образом, происходит активизации двух значимых ценностных установок: свободы и социальной ответственности.

В условиях современного российского энергогорода особая роль отведена молодёжи, которая наиболее ярко отражает те процессы, которые протекают в стране в последние 10–20 лет. Взгляды и поведение современной молодёжи России сформировались под влиянием постсоветских трансформаций. В целом в ценностном сознании молодёжи можно выделить следующие характеристики:

- 1) амбивалентность, сочетание противоположных оценок;
- 2) нестабильность, изменчивость;
- 3) эклектичность, сочетание элементов различных ценностей;
- 4) отсутствие выраженного интереса к политике и властным отношениям, стойкая политическая индифферентность;
- 5) «приниженность» идеалов, доминирование прагматических установок;
- 6) ориентация на гедонистические ценности, получение наслаждений;
- 7) преобладание инструментальных ценностей над терминальными.

Для современной молодёжи в целом характерны изменения в ценностных предпочтениях: растёт значимость индивидуальных ориентаций: для одних — это отдых и развлечения; для других — красивая и комфортная жизнь, для третьих — собственное благополучие и карьера, для четвёртых — главными остаются ценности благополучия своей семьи, здоровья, хорошей (оплачиваемой работы). Усиливаются позиции той части молодёжи, для которой важнейшими становятся ценности собственности и имущественного положения, реализуемые сквозь призму утилитаризма, индивидуальных предпочтений и устремлений.

Одновременно в молодёжной среде можно наблюдать сосуществование двух процессов как преемственности традиционных ценностей, исторически присущих нашему обществу, так и становление, массовое распространение потребительских интересов. Речь идёт о высоких стандартах потребления, которые воспринимаются как символ успеха. Жизненный успех конвертируется в деньги, при этом деньги «дутые», не связанные с трудовыми затратами. Большинство молодых людей не имеют планов ни на отдалённое будущее, ни на реализацию себя в своей профессии, если только она сразу же не даёт большой доход.

Данная ситуация требует изменений, в виду чего перед современной городской субкультурой стоит задача формулирования нового социокультурного базиса. При этом возникает вопрос, — какие ценности и моральные установки можно использовать как фундаментальные, основополагающие, так как именно система ценностей и определяет вектор общественного развития. Наибольшее влияние, на наш взгляд, на развитие духовного склада молодёжи окажет ориентация не на общечеловеческие ценности, а на высшие ценности, которые носят цивилизационный характер.

Продвижение брендовой субкультуры в её прогрессивно-цивилизационном развитии должно включать, по крайней мере, несколько главных и взаимосвязанных составляющих, в частности: актуализацию сложившейся ориентации субъекта социокультурного пространства города на высшие ценности и сверхценности; поиск и формирование новых субъектов развития с разработкой системы их культурной мотивации, прежде всего, молодого

поколения, что может способствовать качественному сдвигу в реальном становлении практически действующих социокультурных институтов; выдвижение новых приоритетов и новых принципов возвышения цивилизационной культуры; новые соответствующие перспективному сохранению имиджа современного энергогорода цели, ориентиры и ценности.

Иллюстрацией подобного дискурса вполне может быть город Балаково Саратовской области, в пространстве которого находятся два (ГЭС и АЭС) мощных энергетических центра общероссийского масштаба и который на полном основании можно считать энергогородом. Со-

ружение электростанций явилось переломным моментом в истории города, оказало решающее влияние на динамику его развития. Уровень социального благополучия работников отрасли выше среднего по региону, что говорит о наличии у них высокой покупательской способности, а значит о трансляции положительной имиджевой стратегии. Кроме того, указанные объекты реализуют собственную корпоративную политику, что является крайне важным для существования успешного бренда и имеют множество проектов социокультурной направленности. Все это дает основания к оптимистичному взгляду на будущее развития Балакова в русле бренда энергогорода.

Молодой ученый

Научный журнал
Выходит два раза в месяц

№ 23.1 (103.1) / 2015

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметов И. Г.

Члены редакционной коллегии:

Ахметова М. Н.
Иванова Ю. В.
Каленский А. В.
Куташов В. А.
Лактионов К. С.
Сараева Н. М.
Авдеюк О. А.
Айдаров О. Т.
Алиева Т. И.
Ахметова В. В.
Брезгин В. С.
Данилов О. Е.
Дёмин А. В.
Дядюн К. В.
Желнова К. В.
Жуйкова Т. П.
Жураев Х. О.
Игнатова М. А.
Коварда В. В.
Комогорцев М. Г.
Котляров А. В.
Кузьмина В. М.
Кучерявенко С. А.
Лескова Е. В.
Макеева И. А.
Матроскина Т. В.
Матусевич М. С.
Мусаева У. А.
Насимов М. О.
Прончев Г. Б.
Семахин А. М.
Сенцов А. Э.
Сенюшкин Н. С.
Титова Е. И.
Ткаченко И. Г.
Фозилов С. Ф.
Яхина А. С.
Ячинова С. Н.

Ответственные редакторы:

Кайнова Г. А., Осянина Е. И.

Международный редакционный совет:

Айрян З. Г. (Армения)
Арошидзе П. Л. (Грузия)
Атаев З. В. (Россия)
Бидова Б. Б. (Россия)
Борисов В. В. (Украина)
Велковска Г. Ц. (Болгария)
Гайич Т. (Сербия)
Данатаров А. (Туркменистан)
Данилов А. М. (Россия)
Демидов А. А. (Россия)
Досманбетова З. Р. (Казахстан)
Ешиев А. М. (Кыргызстан)
Жолдошев С. Т. (Кыргызстан)
Игиснинов Н. С. (Казахстан)
Кадыров К. Б. (Узбекистан)
Кайгородов И. Б. (Бразилия)
Каленский А. В. (Россия)
Козырева О. А. (Россия)
Колпак Е. П. (Россия)
Куташов В. А. (Россия)
Лю Цзюань (Китай)
Малес Л. В. (Украина)
Нагервадзе М. А. (Грузия)
Прокопьев Н. Я. (Россия)
Прокофьева М. А. (Казахстан)
Рахматуллин Р. Ю. (Россия)
Ребезов М. Б. (Россия)
Сорока Ю. Г. (Украина)
Узаков Г. Н. (Узбекистан)
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)
Хоссейни А. (Иран)
Шарипов А. К. (Казахстан)

Художник: Шишков Е. А.

Верстка: Голубцов М. В.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.
За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

E-mail: info@moluch.ru

http://www.moluch.ru/

Учредитель и издатель:

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, 25