

МОЛОДОЙ

X COAL H CARBONISED AT 100°C (2 B.S.S.)
COAL H CARBONISED AT 805°C (72 B.S.S.)
COAL H CARBONISED AT 1000°C (ISSN 2072-0297)
COAL H CARBONISED AT 1000°C (240 B.S.S.)

УЧЁНЫЙ

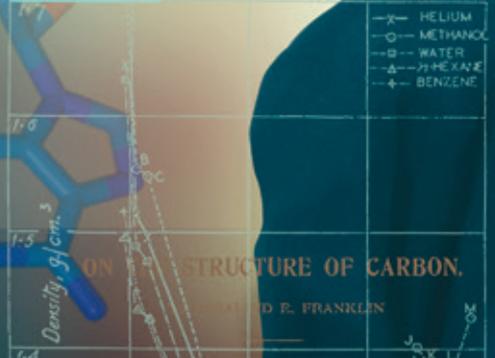
международный научный журнал

SCIENCE

Minor groove
Major groove

Pyrimidines Purines

Material	Temp.	700° C	750° C	800° C	850° C	1,000° C
Helium	Density, g./cm. ³	1.01	1.001	1.863	1.96*	1.97
	Drift, %	—	—	0.0	—	—
Water	Density after 2 hr., g./cm. ³	—	—	1.52	—	—
	Drift, % (2 hr. to 24 hr.)	—	—	0.3	—	—
Methanol	Density after 2 hr., g./cm. ³	—	—	1.22	—	—
	Drift, % (2 hr. to 24 hr.)	—	—	0.7	—	—
Carbon disulphide	Density after 2 hr., g./cm. ³	—	—	1.263	—	—
	Drift, % (2 hr. to 24 hr.)	—	—	0.0	—	—
Acetone	Density after 24 hr., g./cm. ³	—	—	1.50	—	—
	Drift, % (2 hr. to 24 hr.)	—	—	0.0	—	—
Chloroform	Density after 24 hr., g./cm. ³	—	—	1.49	—	—
	Drift, % (2 hr. to 24 hr.)	—	—	0.0	—	—
Carbon tetrachloride	Density after 2 hr., g./cm. ³	—	—	1.50	—	—
	Drift, % (2 hr. to 24 hr.)	—	—	0.0	—	—
Ether	Density after 24 hr., g./cm. ³	—	—	1.53	—	—
	Drift, % (2 hr. to 24 hr.)	—	—	0.0	—	—
n-Hexane	Density after 2 hr., g./cm. ³	—	—	1.53	—	—
	Drift, % (2 hr. to 24 hr.)	—	—	0.0	—	—



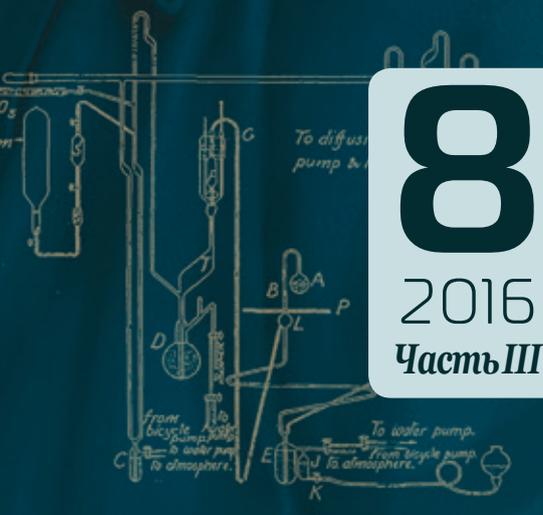
An X-ray investigation of some « amorphous » carbons and graphites has revealed certain structures which it is the purpose of this note to describe. As a preliminary to the wider problems of carbon structure and the dependence of structure on the origin and treatment of the material, a detailed quantitative study of a single carbon was made, in order to establish how much information the diffuse X-ray pattern could be made to yield. The material prepared by pyrolysis of polyvinylchloride at 1,000°, and is more than 99 % carbon. The following results were obtained.

65 % of the carbon is in the form of highly perfect graphite-like layers. The mean diameter of these

between pairs of small parallel graphite-like layers, the spacing in true graphite being 3.35 Å.

The investigation of a number of other « amorphous » carbons showed that the sharp separation between the ordered and disordered parts is of general occurrence. All the X-ray diagrams obtained can be satisfactorily interpreted by supposing the existence only of small, perfect, graphite-like layers together with some highly disordered material.

For carbons of widely different origin there is a general relationship between the diameter of the graphite-like layers and the proportion of amorphous material. This is shown in figure 1. For car-



8
2016
Часть III

16+

ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Международный научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 8 (112) / 2016

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

Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических 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

Почтовый адрес редакции: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

Фактический адрес редакции: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <http://www.moluch.ru/>.

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый».

Тираж 500 экз. Дата выхода в свет: 15.05.2016. Цена свободная.

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

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)

Ахмеденов Кажмурат Максutowич, кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)

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)

Руководитель редакционного отдела: Кайнова Галина Анатольевна

Ответственные редакторы: Осянина Екатерина Игоревна, Вейса Людмила Николаевна

Художник: Шишков Евгений Анатольевич

Верстка: Бурьянов Павел Яковлевич, Голубцов Максим Владимирович

На обложке изображена Розалинд Франклин (1920–1958) — английский биофизик и учёный-рентгенограф, занималась изучением структуры ДНК.

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

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Куликов А. Ю., Романова В. О.**
Обработка рентгеновских изображений в среде MATLAB..... 251
- Курамбаев Ш. Р., Ачилова С. С., Байжанов Н. И., Каримова Д. З., Собилова Р. Х.**
Получение дынного масла из семян дыни «Бишак Хорезмский» с использованием метода холодного отжима 253
- Лысенко В. Д.**
Сравнение космической и инерциальной навигации на примере одометра и Глонасс 254
- Мансуров М. Т., Расулов А. Д.**
Теоретическое обоснование параметров выравнителя-уплотнителя комбинированной машины по системе push-pull для предпосевной обработки почвы 256
- Маслов Д. Ю., Амангусова Л. А., Захарова В. С., Пономарев А. П.**
Упаковочные материалы для защиты металлопродукции от коррозии в условиях импортозамещения 259
- Михайлова В. С.**
Сравнительный анализ применения двигателя Стирлинга и дизельного генератора для системы электротеплоснабжения объектов в Арктических районах России 261
- Новиков А. Ю.**
Учет поврежденности монолитных и дискретных материалов при проектировании дорожных конструкций 265
- Novikova M. W., Rokityanskaya K. A., Chrustalew W. A.**
Die Effektivität der Anwendung des kombinierten Antriebes des Gasverdichteraggregates im Gastransportsystem und im System der Erdgasspeicherung 270
- Нуруллаева З. В., Бакиева Ш. К., Суяров М. Т.**
Эксплуатационные свойства смазочных масел и улучшение их присадками 274
- Нуруллаева З. В., Бакиева Ш. К., Суяров М. Т.**
Преимущества и недостатки способов получения высокооктанового бензина 276
- Остаркова О. А.**
Технологии прогрева бетона в зимнее время ... 278
- Приходько А. С., Федотов С. А.**
Проблемы качества перевозки пассажиров в условиях городской агломерации 281
- Рахманов Н. М., Баротов А. А.**
Решение задач гидродинамики с помощью метода конечных элементов 284
- Романов А. Ю., Антонов Д. А., Тарасов М. А.**
Анализ необходимости организации транспортно-пересадочного узла в районе станции метро Академическая г. Санкт-Петербурга..... 287
- Росабоев А. Т., Игамбердиев Д. Х.**
Способы технологического процесса сушки материалов 289
- Сайлаубекулы Р.**
Методы изучения реологических свойств почв 291
- Сафаров Б. Ж., Хикматов Д. Н., Элов И. И.**
Изучение физико-химических аспектов деструкции высококипящих продуктов 294
- Сибиченкова С. В.**
Система внутреннего бенчмаркинга 296
- Сотникова И. В., Баротов А. А., Эргашева Д. К., Мукольянц А. А.**
Аспекты получения активных углей на Новоангренской тепловой электрической станции 298
- Старостин К. В., Борисов А. И., Анисимов Е. Е., Андреев Д. В., Андреева Л. С., Охлопков Т. Н., Петров Н. В.**
Печь на отработанном масле 301
- Стригун К. Ю.**
Методы экспресс-контроля качества строительства автомобильных дорог. Часть 2. Уплотнение щебеночных оснований 304
- Темирова М. И., Хаитов А. А., Назаров Ш. К., Норова Д. Р.**
Использование композиции на основе местного сырья для кож низа обуви 308

Тиллоев Л. И., Нуруллаева З. В., Нигматуллаев А. А. Определение состава биогаза хроматографическим способом и улучшение технологии производства 310	Хрипков М. Ю. Реализация адаптивных алгоритмов демпфирования в подвеске автомобиля путем использования регулируемых амортизаторов..... 332
Timofeeva A. O., Agishev K. N., Chernyshev D. A. Types Of Domestic Hot Water Solar Thermal Systems..... 312	Цветков А. И., Щепанюк Б. А. Аэродинамическая труба АТ-11 СПбГУ: измерение дифференциальных стационарных давлений 336
Тулемисова С. С., Нургалиев Б. С., Ахметжан С. З. Обоснование потребности в проведении промысловых исследований при эксплуатации скважин с забойным давлением ниже давления насыщения в условиях Чинаревского нефтегазоконденсатного месторождения 317	Цветков А. И., Щепанюк Б. А. Аэродинамическая труба АТ-11 СПбГУ: измерение дифференциальных быстропеременных давлений 340
Туляганов З. Я. Модельная поддержка натуральных испытаний технологических процессов..... 319	Чадов Е. В. Изучение работы намоточных станков и исследование алгоритма функционирования системы 347
Тюрюмина А. В., Батрак А. П., Виктор С. С. Современное состояние вопроса диагностики силовых трансформаторов в зарубежных странах..... 321	Чамеев В. В., Ефимов Ю. В., Усольцева Ю. И. Математическая модель, моделирующий алгоритм и результаты расчёта на имитационной модели влияния параметров сырья на временные показатели работы лесообрабатывающих станков..... 349
Фатоев И. И., Ашуров Ф. Б., Хужакулов К. Р., Норова Д. Р. Структурная макронеоднородность и поглощение жидких сред активационно- высоконаполненными компонентами 325	Чернышев Д. А., Агишев К. Н., Коренькова Е. С., Соколов Б. В. Применение теплового насоса в Ленинградской области 354
Хайдаров А. А., Темирова М. И., Хаитов А. А., Норова Д. Р. Разработка состава полимерных композиций на основе сополимера фталимидометилметакрилат с акриловыми мономерами для первичной обработки каракулевых шкур 330	Шуленбаева А. Р., Копжасарова А. Е., Олжабаева С. Т. Спортивные объекты зимней универсиады 2017 358
	Эгамов Н. М. Кратчайшие линии на поверхности цилиндра 361
	Эгамов Н. М. О методах моделирования и модельных представлений..... 363

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Обработка рентгеновских изображений в среде MATLAB

Куликов Андрей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент;
 Романова Виктория Олеговна, магистрант
 Тамбовский государственный технический университет

Описан способ обработки рентгеновских изображений в среде MATLAB с результатами обработки реальных рентгенограмм.

Цифровая обработка рентгеновского изображения позволяет врачу при постановке диагноза опираться уже не только на свой опыт, но и на качественную и количественную меру информации, которая дает возможность выявлять минимальные изменения в тканевой структуре легких и выполнять диагностику без проведения контрольных снимков на пленке. Однако получить такую информацию без качественного изображения невозможно.

Существует метод оценки качества изображения. Его суть состоит в следующем. Экспериментально было установлено, что оптимальное, с точки зрения субъективного восприятия, изображение имеет нормальное распределение яркостей его элементов. Для удобства дальнейших расчетов был применен критерий нормального распределения. По степени отклонения реального распределения яркостей от нормального проводилась оценка качества изображения. Кроме количественной оценки качества изображения, данный метод позволяет получить информацию о наличии и весовом соотношении яркостных градиентов изображения. Результаты оценки качества изображения, полученные по данному методу, хорошо коррелируют с субъективной оценкой визуального качества изображения [1].

Для повышения качества рентгеновского изображения необходимо проводить предварительную обработку. Существует достаточно много методов повышения качества изображений, один из которых растяжение динамического диапазона [2]. Его применяют в том случае, если интенсивности пикселей потенциально информационных областей изображения сосредоточены в узком динамическом диапазоне.

Подобную обработку удобно проводить в среде MATLAB, которая является языком высокого уровня для выполнения технических и научных вычислений [3]. Проводятся эти преобразования согласно выражению

$$L_{res} = \frac{L - L_{min}}{L_{max} - L_{min}} \quad (1)$$

где L, L_{res} — массив значений соответственно исходного и результирующего изображений;

L_{min}, L_{max} — соответственно минимальное и максимальное значения исходного изображения.

Преобразования по формуле (1) эффективны в том случае, если интенсивности пикселей потенциально информационных областей сосредоточены в узком динамическом диапазоне. Если применить эти преобразования к исходному изображению, то желаемого эффекта не достигнем, поскольку гистограммы его цветовых компонент занимают весь возможный диапазон.

Улучшения визуального качества исходного изображения можно достигнуть, если модифицировать выражение (1), т.е. сделать растяжение динамического диапазона интенсивностей пикселей изображения нелинейным:

$$L_{res} = \left(\frac{L - L_{min}}{L_{max} - L_{min}} \right)^\alpha, \quad (2)$$

где α — коэффициент нелинейности.

Программный код, осуществляющий данную операцию в среде MATLAB, выглядит следующим образом:

```
for k=1:3;
Lmin=min (min (L (:, k))); Lmax=max (max (L (:, k)));
for i=1:640; for j=1:640;
Lvyh (i, j, k) = (((L (i, j, k) -Lmin) / (Lmax-Lmin))) ^.5;
if Lvyh (i, j, k) >1;
Lvyh (i, j, k) = 1;
end;
if Lvyh (i, j, k) <0;
Lvyh (i, j, k) =0;
end;
end;
```

```
end;  
end;  
figure, imshow(Lvyh);
```

На рис. 1 изображены исходные рентгеновские изображения с соответствующими гистограммами, а на рисунке 2 изображены обработанные методом растяжения динамического диапазона изображения с соответствующими гистограммами.

Как видно из рисунков, исходные изображения являются достаточно темными, т.к. имеют очень низкий динамический диапазон. Их гистограммы целиком расположены в темном участке спектра. После обработки гистограммы расположены равномерно по всему спектру, а на изображениях видны мельчайшие подробности скелета человека.

Для подтверждения достоверности программной оценки качества изображений была применена субъек-

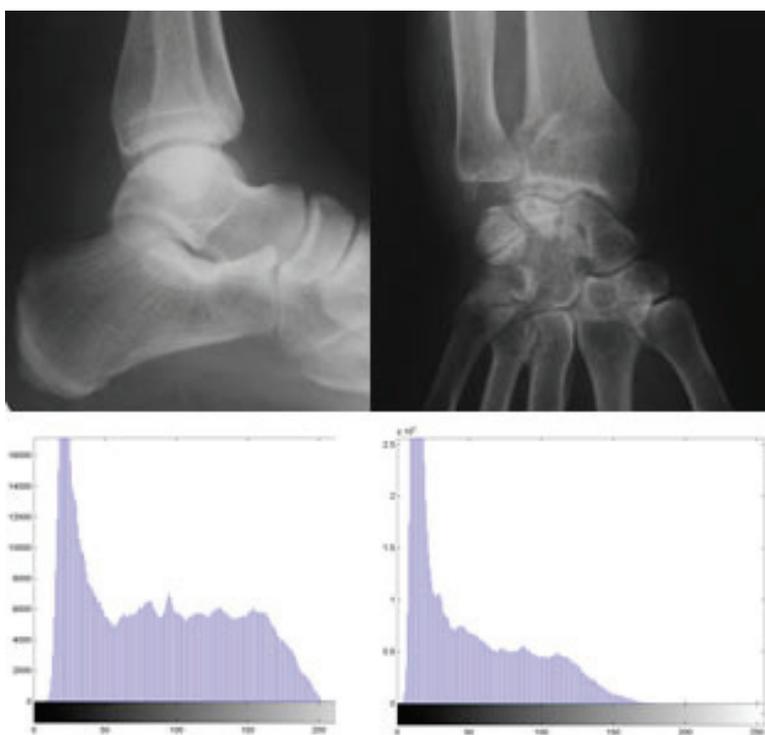


Рис. 1. Исходные рентгеновские изображения и их гистограммы

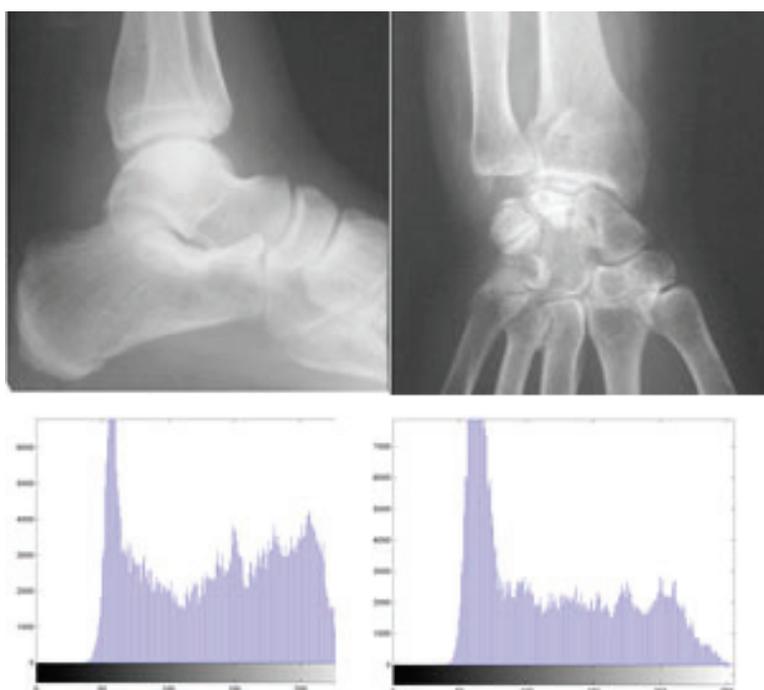


Рис. 2. Обработанные методом растяжения динамического диапазона рентгеновские изображения

тивная экспертиза. Метод экспертной оценки заключается в визуальном осмотре изображений наблюдателями-специалистами. Их оценки определяют качество изображения именно так, как его воспринимает «средний» наблюдатель. Видом шкалы оценок выбрана шкала «общего качества», когда изображениям приписываются баллы, которые соответствуют градациям от «неудовлетворительно» до «отлично». На практике каждое изображение поступает к наблюдателю, и он выставляет балл той категории, которая, по его мнению, в наибольшей степени соответствует качеству изображения.

Результаты экспертных оценок выражены с помощью среднего балла, определяемого как:

$$\bar{C} = \frac{\sum_{k=1}^K n_k C_k}{\sum_{k=1}^K n_k},$$

где n_k — число изображений, отнесенных к k -й категории,

C_k — соответствующий ей балл.

Для получения надежной оценки качества изображения опрошено более двадцати наблюдателей. Абсолютное большинство экспертов поставили высшую оценку изображениям, обработанным методом равномерного преобразования гистограммы.

Литература:

1. Смирнов, А. Я. Критерии качества дискретизированных изображений // Труды ГОИ им. С. И. Вавилова. — т. 57. — вып. 191. — Л. — 1984.
2. Гонсалес, Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений — М.: Техносфера, 2005. — 1072 с.
3. Гонсалес, Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB — М.: Техносфера, 2006. — 616 с.

Получение дынного масла из семян дыни «Бишак Хорезмский» с использованием метода холодного отжима

Курамбаев Шерзод Раимбергенович, кандидат технических наук, доцент;
 Ачилова Санобар Собирбоевна, магистрант, преподаватель;
 Байжанов Нодир Илхомович, магистрант;
 Каримова Дилноза Зоирбаена, студент;
 Собирова Райхон Худайберган кизи, магистрант
 Ургенский государственный университет имени Аль-Хорезми (Узбекистан)

В этой статье приведены результаты исследования получения масла холодным отжимом из семян дыни сорта «Бишак Хорезмский».

Ключевые слова: *масло растительное, холодный отжим, кислотное число, йодное число, токоферол, число омыления.*

This article is devoted to the results of the research carried on extracting productive oil by pressing from melon seed of the sort «Bishak in Khorezm».

На консервных предприятиях из мякоти дыни производят уваренное пюре, сок, цукаты, джем, мармелад, повидло, бекмес (дынный мед) и т.д. Отходами при производстве вышеперечисленной продукции являются семена, которые в настоящее время практически не перерабатываются.

Выход семян из плодов дыни составляет до 1,5% [1]. Семена дыни являются перспективным масляным сырьем, содержащим от 33% до 35% липидов и белков от 35% до 36% на абсолютно сухое вещество. Поэтому переработка семян дыни позволяет расширить ассортимент растительных масел, относящихся к линолевой группе, содержащих ненасыщенных жирных кислот до 85%, что

очень важно для здорового питания населения. В связи с этим актуальной задачей является разработка технологии переработки семян дыни с получением деликатесного растительного масла.

Получения дынного масла [2], включающий обезжиривание измельченных семян дыни смесью экстрагентов хлороформэтилового спирта (2,5:1–5:1) с последующей отгонкой экстрагента из мисцеллы и шрота. Этот способ удаляет из масла фосфалипидный состав, что способствует понижению фармакологической активности полученного продукта.

Мы использовали метод холодного отжима масла из семян дыни Бишак (*Cucumis melo ssp. rigidus* (Pang.) Fil.

var. zard). Полученное дынное масло используют при производстве кремов для увлажнения, регенерации и очищения кожи лица. Основным недостатком данного способа является низкий выход масла. Этот способ получения масла из семян бахчевых культур включает очистку от сорных примесей, сортировку, дробление, сушку и прессование раздробленных семян. При этом сушку проводят в устройстве шнекового типа для тепловой обработки масличных семян, вначале при температуре от 100°C до 110°C в течение 2–3 минут, а затем при температуре не выше 60°C в течение 20–23 минут при влажности от 3%

до 5%. Далее проводят дробление семян до фракции размеров крупного помола. Прессование раздробленных семян бахчевых выполняют вначале при температуре не выше 50°C, а затем перед завершением цикла прессования за 8–10 секунд температуру поддерживают в интервале от 80°C до 100°C.

Основные физико-химические показатели дынного масла, полученного из смеси семян дыни сортов **Ширин Бишак** (*Cucumis melo ssp. rigidus* (Pang.) Fil. var. zard) и **Maxalliy beshak** (*Cucumis melo ssp. rigidus* (Pang.) Fil. var. zard) прессованием представлен в таблице 1.

Таблица 1. Основные физико-химические показатели дынного масла, полученного из семян дыни прессованием

Наименование показателей	Значение показателей
Плотность при 20 С, г/см	0,9230±0,0002
Коэффициент преломления, n _{20D}	1,4595±0,0100
Число омыления, КОН (в мг)	223,0±3,1
Кислотное число, мг КОН/г	0,39±0,01
Йодное число	126,0±2,5
Индекс окисления	5,25±0,08
Содержания неомыляемых веществ, %	0,65±0,01
Содержание свободных жирных кислот, %	0,170±0,003
Суммарное содержание каротиноидов в пересчете на в-каротин, мг%	12,32±0,06
Суммарное содержание токоферолов в пересчете на а-токоферолов, мг%	23,80±0,16

Как видно из таблицы 1. дынное масло, полученное прессованием представляет собой ценный пищевой продукт с высоким содержанием каротиноидов и токоферолов при минимальном кислотном числе, которое не превышает

значений кислотного числа нерафинированного подсолнечного масла высшего сорта ГОСТ Р 52465–2005. Полученное масло имеет повышенное содержание токоферолов, витаминов и других биологически активных веществ.

Литература:

- Касьянов, Г. И. Технология переработки плодов и семян бахчевых культур [Текст] / Г. И. Касьянов, В. В. Деревенко, Е. П. Франко. — Краснодар: Экоинвест, 2010. — 148 с.
- Патент 2082422 Российская Федерация, МПК А61К35/78. Способ получения дынного масла [Текст] / Попков В. А., Харчев Ю. Г., Нестерова О. В., Самылина И. А., Артамонова Ю. В., заявитель и патентообладатель Представительство «Порсак». — № 94011081/14; заявл. 30.03.1994; опубл. 27.06.1997. — 5 с.

Сравнение космической и инерциальной навигации на примере одометра и Глонасс

Лысенко Валентин Дмитриевич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

Космические навигационные системы

Спутниковая система навигации — совокупность технических средств, предназначенных для определения координат местоположения, точного времени и параметров движения.

Основные элементы

- Орбитальная система станций, состоящая из спутников (от 2 до 30);
- Наземная система управления и контроля;
- Аппаратура потребителя — навигаторы;

- Наземная система радиомаяков;
- Информационная радиосистема;

Принцип работы

Принцип работы спутниковой навигации основан на измерении расстояния от антенны на объекте до спутников. При этом информация о начальных координатах объекта и спутника нам известна с большой точностью. В каждом спутнике есть альманах — таблица положений всех спутников. В сигнале спутника, помимо основной информации, всегда содержится таблица положений. Таким образом, зная расстояние до нескольких спутников, на основе альманаха, можно вычислить положение объекта в пространстве.

Метод измерения расстояния от спутника до приёмника основан на определённости скорости распространения радиоволн ($v=299\,792\,458$ м / с). Также в спутниках используются атомные часы, которые синхронизированы с системным временем. При передаче сигнала возникает задержка между временем излучения и временем приёма сигнала, которая корректируется благодаря синхронизированным с общей системой времени часам. Учитывая задержку и скорость распространения радиосигнала, навигационный приёмник вычисляет координаты антенны.

Рассмотрим основные характеристики отечественной системы спутниковой навигации.

СРНС Глонасс: Число спутников (резерв) — 24 (3). Число орбитальных плоскостей — 3. Число спутников в орбитальной плоскости — 8. Тип орбиты — круговая. Высота орбиты, м. — 19100. Период обращения по среднему солнечному времени — 11ч 15мин. Способ разделения сигналов — Кодово-частотный. Несущие частоты: МГц — L1=1602–1615 L2=1246–1256. Система отсчёта времени — UTC. Система отсчёта координат — ПЗ-90. Тип эфемерид — Геоцентрические координаты и их производные.

Погрешность системы

По официальным данным чистая погрешность модуля ГЛОНАСС находится в пределах 2–5 метров (это порядка 1.5% в определении пробега). Ошибки навигационных определений ГЛОНАСС по долготе и широте составляют 4,46–7,38 метров при использовании в среднем 7–8 видимых спутников (в зависимости от точки приёма). Рельеф местности также не оказывает сильного влияния на погрешность измерения пробега. Например, при уклоне по знаку в 15–20% — угол наклона дороги составит 8.53–11.31°, а погрешность измерения пробега составит около 1.5%. И даже при очень крутом уклоне в 21.8°, погрешности измерения пробега составит всего около 6%. Но все современные трекары умеют определять высоту и делать соответствующие поправки при вычислении пробега. Таким образом, общая погрешность систем мо-

нитинга транспорта ГЛОНАСС, при нормальных условиях, составляет менее 3,5%.

Недостатки

- Отсутствие атомных часов в большинстве навигационных приёмников. Этот недостаток обычно устраняется требованием получения информации с трёх или четырёх спутников.

- Неоднородность гравитационного поля Земли, влияющая на орбиты спутников;

- Неоднородность атмосферы, из-за которой скорость и направление передачи сигнала может меняться;

- Значительные отражения сигналов от наземных объектов в городе;

- Невозможность разместить на спутниках передатчики большой мощности, из-за чего приём их сигналов возможен только в прямой видимости на открытом воздухе.

Для того, чтобы устранить недостатки и погрешности спутниковых систем, их применяют в совокупности с инерциальными навигационными системами.

Инерциальная навигация

Инерциальная навигация — метод определения параметров объекта, основанный на свойствах инерции тел, являющийся автономным, т.е. не требующим наличия внешних ориентиров или поступающих извне сигналов. Основываются на использовании внешних ориентиров или сигналов: звёзд, маяков, радиосигналов и т.п.

Принцип действия

Сущность инерциальной навигации состоит в определении ускорения объекта и его угловых скоростей с помощью установленных на движущемся объекте приборов и устройств, а по этим данным — местоположения (координат) этого объекта, его курса, скорости и пройденного пути, а также в определении параметров, необходимых для стабилизации объекта и автоматического управления его движением. Это осуществляется с помощью:

1. датчиков линейного ускорения (акселерометров);
2. гироскопических устройств, воспроизводящих на объекте систему отсчёта (например, с помощью гиросtabilизированной платформы) и позволяющих определять углы поворота и наклона объекта, используемые для его стабилизации и управления движением.
3. вычислительных устройств (ЭВМ), которые по ускорениям (путём их интегрирования) находят скорость объекта, его координаты и др. параметры движения;

Преимущества

Преимущества методов инерциальной навигации состоят в автономности, помехозащищённости и возмож-

ности полной автоматизации всех процессов навигации. Благодаря этому методы инерциальной навигации получают всё более широкое применение при решении проблем навигации надводных судов, подводных лодок, самолётов, космических аппаратов и других движущихся объектов. Самый простой пример устройства инерциальной навигации, который используется для гражданских целей, это автомобильный спидометр. Спидометр или, иначе говоря одометр — прибор для измерения скорости вращения колеса.

Одометры

По техническим требованиям ЕЭК ООН № 39 спидометры не могут занижать показания. Средняя погрешность спидометра по этим правилам (ГОСТ Р 41.39–99) может быть только положительной и не превышать истинную скорость движения более чем на $10\%+4$ км/ч. Поэтому и одометр, конструктивно связанный со спидометром, так же даёт завышенные показания. Одометры бывают различных конструкций: механические, электро-механические или электронные.

Механический одометр

Механический одометр — весьма оценочное устройство, имеет собственную погрешность до 5%. В зависимости от условий эксплуатации, износа деталей и агрегатов и использовании неоригинальных запчастей суммарная погрешность прибора может достигать 15%.

Электромеханические одометры

Электромеханические одометры — основаны на показаниях электронного измерителя числа импульсов от датчика скорости, расположенного обычно на коробке передач. Эти приборы несколько точнее механических, ведь они избавились от нескольких слабых мест механической части. Погрешность большинства из них находится в пределах 5–7%.

Электронные одометры

Электронные одометры — дальнейшее эволюционное развитие. Избавились от механического индикатора, который заменили жидкокристаллическим экраном. В тоже время сам принцип контроля пройденного пути (обороты колеса) остается неизменным, и даже точная электроника находится в зависимости от технического состояния ходовой части автомобиля. Если провести дополнительную калибровку на тестовом участке пути (на заводе-изготовителе эта процедура не производится), погрешность данных устройств редко превышает 5%.

Таким образом, минимальная погрешность спутниковой навигации составляет 3.5%, а погрешность измерения пробега от одометра варьируется от 5 до 15%. Очевидно, что космическая навигационная система более точная, однако является и более сложной системой. В гражданских целях её используют для контроля местоположения транспортного средства. Одометр на транспортных средствах играет роль простого устройства навигации для водителя.

Литература:

1. Спутниковая система навигации // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Спутниковая_система_навигации (дата обращения: 09.12.2015).
2. pogreshnost // Navitrack. URL: <http://navitrack.ru/pogreshnost.html> (дата обращения: 03.11.2015)
3. pogreshnost // Трансконтроль. URL: <http://transcontrol.ru/news/93-probeg> (дата обращения: 21.11.2015).
4. Одометр // Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Одометр> (дата обращения: 10.02.2016).
5. Погрешность пробега транспорта // Системы навигации. URL: <http://systemnavi.ru/pogreshnost-probega> (дата обращения: 13.03.2016).

Теоретическое обоснование параметров выравнивателя-уплотнителя комбинированной машины по системе push-pull для предпосевной обработки почвы

Мансуров Мухторжон Тохиржанович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;
Узбекский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства

Расулов Азамат Давронович, ассистент
Джизакский политехнический институт (Узбекистан)

В данной статье приведены результаты исследований по обоснованию параметров ее выравнивателя-уплотнителя комбинированной машины для предпосевной обработки почвы.

Ключевые слова: комбинированная машина по системе “push-pull” для предпосевной обработки почвы, чизель-культиватор и выравниватель-уплотнитель, навешиваемые на трактор спереди и сзади, выравниватель, планчатый каток, углы установки и загиба выравнивателя, высота выравнивателя, диаметр планчатого катка, вертикальная нагрузка на каток.

Основных путей повышения производительности труда и снижения энергозатрат при обработке почвы является применение почвообрабатывающих машин по системе “push-pull”, т.е. почвообрабатывающих машин, состоящих из частей, навешиваемых на трактор спереди и сзади. При этом за счет увеличения и оптимального распределения вертикальных нагрузок на движители трактора улучшаются их тягово-сцепные свойства. В результате повышается производительность агрегатов и снижается расход топлива (на 30–35%).

Исходя из вышеизложенного проведены исследования по разработке и обоснованию параметров почвообрабатывающих машин по системе “push-pull” для сельскохозяйственного производства Республики Узбекистан.

Выравниватель-уплотнитель комбинированной машины состоит из выравнивателя 1 и планчатого катка 2 (рис. 1). Их основными параметрами являются: ε — угол установки к горизонту нижней уплотняющей части выравнивателя; β — угол загиба верхней выравнивающей части выравнивателя относительно его нижней уплотняющей части; H — высота выравнивателя; D — диаметр планчатого катка; Q — вертикальная нагрузка на каток.

Угол установки к горизонту нижней уплотняющей части выравнивателя определяли из условия, чтобы при прочих равных условиях время воздействия ее на частицы почвы было минимальным, т. к. при этом, во-первых, исключается прилипание почвы к ней и во-вторых, обеспечивается надежное выполнение технологического процесса при минимальных затратах энергии.

Пользуясь схемой на рис.2, а определяем время воздействия нижней уплотняющей части выравнивателя на частицы почвы

$$t = \frac{h_0}{V_e \sin \varepsilon} = \frac{h_0}{V_M (\cos \varepsilon - \sin \varepsilon \operatorname{tg} \varphi) \sin \varepsilon}, \quad (1)$$

где h_0 — глубина погружения в почву нижней уплотняющей части выравнивателя; V_e — скорость скольжения частицы почвы по рабочей поверхности нижней уплотняющей части рабочего органа; V_M — поступательная скорость машины; φ — угол внешнего трения почвы.

Выражение (1) исследуем по ε на экстремум и получим

$$\varepsilon = \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}. \quad (2)$$

Для определения угла загиба верхней выравнивающей части выравнивателя рассмотрим силы, действующие на частицу почвы со стороны ее (рис.2, б). В процессе работы машины со стороны верхней выравнивающей части выравнивателя на частицу почвы действуют нормальная сила N и сила трения $F = N \operatorname{tg} \varphi$.

Нормальную силу N , действующую на частицу почвы, разложим на составляющие N_V и N_τ , действующие соответственно в направлении движения выравнивателя (машины) и вдоль рабочей поверхности его верхней выравнивающей части

$$N_V = N / \sin(\beta + \varepsilon) \quad (3)$$

и

$$N_\tau = N \operatorname{tg} \left[(\beta + \varepsilon) - \frac{\pi}{2} \right]. \quad (4)$$

Очевидно, что для обеспечения качественного выравнивания поверхности почвы должно быть соблюдено следующее условие

$$N_\tau < F, \quad (5)$$

так как в противном случае частицы почвы вдавливаются в ее глубь без достаточного продольного перемещения и в результате качество выравнивания поверхности почвы ухудшается.

С учетом (2) и (4), а также вышеприведенного значения F , имеем вид

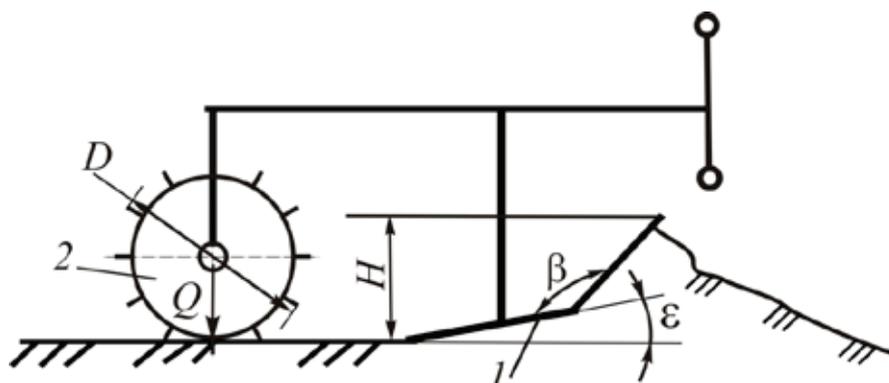


Рис. 1. Схема выравнивателя-уплотнителя разработанной комбинированной машины

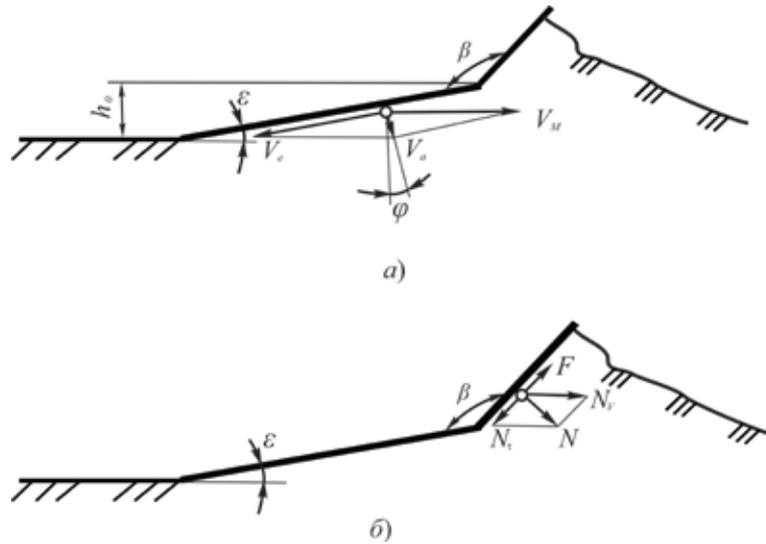


Рис. 2. Схема к определению углов установки и загиба выравнителя

$$\beta < \frac{3\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \tag{6}$$

Высоту H выравнителя определяли из условия исключения пересыпания почвы, через его верхнюю кромку. При этом получено следующее выражение

$$H \geq \sqrt{\frac{4Z_n l_n}{\pi[\text{ctg}\mu - \text{ctg}(\beta - \epsilon)]}} \tag{7}$$

где Z_n, l_n — средняя высота и длина продольных неровностей поверхности поля; μ — угол откоса почвы призмы волочения, образуемой впереди выравнителя.

Расчеты, проведенные по выражениям (2), (6) и (7) при $\varphi = 30^\circ, \mu = 30^\circ, Z_n = 0,05$ м и $l_n = 0,40$ м показали угол установки к горизонту нижней уплотняющей части выравнителя должен быть 30° , что угол загиба его верхней выравнивающей части не более 150° , а высота выравнителя не менее 16 см.

Диаметр катка и вертикальную нагрузку на него определяли из условий перекатывания его через встречающиеся комки и обеспечения погружения планок до требуемой глубины. При этом для определения их получили следующие выражения

$$D > \frac{[1 + \cos(\varphi + \rho)]d_k + 2h_z}{1 - \cos(\varphi + \rho)} \tag{8}$$

и

$$Q = q_0 B b_n h_z \tag{9}$$

где ρ — угол внутреннего трения почвы; d_k — диаметр встречающихся с катком комков почвы; h_z — глубина погружения в почву планок катка; q_0 — коэффициент объемного сжатия почвы; B — ширина захвата катка; b_n — ширина планки катка.

Принимая $\varphi = 30^\circ, \rho = 40^\circ, d_k = 0,1$ м, $h_z = 0,03$ м, $q_0 = 3 \cdot 10^6$ Н/м³, $b_n = 0,01$ м по (8) и (9), получим, что диаметр планчатого катка должен быть не менее 30 см, а вертикальная нагрузка, приходящаяся на 1 м ширины его захвата, 900 Н.

В результате проведенных исследований определены рациональные значения следующих параметров выравнителя-уплотнителя комбинированной машины по системе “push-pull”: угла установки к горизонту нижней уплотняющей части выравнителя, угла загиба его верхней выравнивающей части, высоты выравнителя, диаметра планчатого катка и вертикальной нагрузки на каток.

Для обеспечения требуемого качества обработки почвы при минимальных энергозатратах угол установки к горизонту нижней уплотняющей части выравнителя должен быть -30° , угол загиба его верхней выравнивающей части — не более 150° , высота выравнителя — не менее 16 см, диаметр планчатого катка — не менее 30 см и вертикальная нагрузка на каток — 900 Н/м.

Литература:

1. Кирюхин, В. Г., Касимов А. Ш. Эффективность применения плугов передней и задней навески // Тракторы и сельхозмашины. — 1985. — № 2. — с. 21–23.
2. Кюрчев, В., Митков В., Чорна Т., Митков В. Перспективы использования комбинированных машинно-тракторных агрегатов // Механизация на земеделието. — София, 2013. — № 3. — с. 21–24.
3. Юрин, А. Н., Китун А. В. Обоснование конструкторско-компоновочной схемы почвообрабатывающе-посевных агрегатов // Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых “Энергоресурсосберегающие технологии и технические средства для их обеспечения в сельскохозяйственном производстве”. — Минск, 2010. — с. 31–36.

Упаковочные материалы для защиты металлопродукции от коррозии в условиях импортозамещения

Маслов Дмитрий Юрьевич, студент;

Амангусова Лаура Аяпбергеновна, студент;

Захарова Виктория Сергеевна, студент;

Пономарев Антон Павлович, старший преподаватель

Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова

В работе исследованы структурно-физические, деформационно-прочностные и антикоррозионные свойства комбинированной упаковочной бумаги марки «Евро Бум VCI 160 г/м²» в сравнении с зарубежным аналогом фирмы Fislage (Германия). Установлено, что упаковочная бумага марки «Евро Бум» по своим защитным антикоррозионным свойствам уступает используемому ранее зарубежному аналогу — бумаге фирмы Fislage. Это обусловлено, вероятно, как более низким содержанием ингибитора коррозии, так и худшими сорбционными свойствами.

Ключевые слова: коррозия, летучие ингибиторы коррозии, комбинированные материалы, крепированная бумага, холоднокатаная сталь, показатель коррозии.

Известно, что при эксплуатации металлических изделий, длительном хранении, транспортировании через различные климатические зоны они подвергаются атмосферной коррозии. По оценкам экспертов, коррозия за год уничтожает от 25 до 30% годового объема производства чёрных металлов. Это указывает на исключительную важность поиска оптимальных путей противокоррозионной защиты металлов.

Прогрессивным направлением в борьбе с коррозией является разработка упаковочных материалов содержащих ингибиторы коррозии. В последнее время ряд фирм предлагает комбинированные материалы на основе бумаги, содержащие ингибиторы коррозии, которые успешно конкурируют с традиционными средствами противокоррозионной защиты (маслами, смазками, лаками, красками, эмалями и др.) [1, 2].

Особенно большое значение имеет применение ингибиторов для защиты металлов от атмосферной коррозии. В последние годы эта проблема встала особенно остро в связи с экспортом металлопродукции. В ряде случаев транспортирование продукции происходит в открытых полуприцепах или морским путём через районы с влажным тропическим климатом.

Современная упаковка для металлопродукции должна полностью исключать доступ к поверхности металлоизделия паров воды и агрессивных газов, вызывающих коррозию, а также должна обладать необходимыми прочностными свойствами, гарантирующими сохранность ее самой и упакованного в нее металлоизделия от механических повреждений при всех возможных логистических операциях, в том числе перевозках на значительные расстояния. Указанным выше критериям соответствуют упаковочные комбинированные материалы, содержащие летучие ингибиторы коррозии (VCI) [1–4]. Крепированная бумага-основа является носителем ингибитора и поглотителем конденсационной влаги. Полимерное покрытие выполняет роль барьера для атмосферных загрязнителей и влаги.

До последнего времени предприятие ОАО «ММК» для упаковки холоднокатаной стали использовало в основном немецкую упаковочную бумагу марки «Fislage», содержащую летучий ингибитор «N». Однако с введением санкций на ввоз зарубежных материалов предприятие вынуждено использовать импортозамещающую продукцию, а именно упаковочную бумагу фирмы «Евро Бум VCI 160 г/м²» отечественного производства («Евро Бум»).

Цель настоящей работы — исследование упаковочной бумаги «Евро Бум» и ее защитного действия на холоднокатаной стали.

Для решения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучить физико-механические свойства комбинированных упаковочных материалов;
- оценить антикоррозионные свойства упаковочных бумаг в условиях атмосферной коррозии.

Объекты исследования: бумага марки «Евро Бум» (крепированная, покрытая с одной стороны полиэтиленом и содержащая летучий ингибитор коррозии) и немецкая бумага марки «Fislage» (крепированная, ламинированная полиэтиленом, армированная полипропиленовой сеткой и содержащая летучий ингибитор коррозии «N»). Состав летучих ингибиторов коррозии не разглашается. Структурно-физические свойства упаковочных бумаг представлены в таблице 1.

Основные отличия упаковочной бумаги «Евро Бум» от зарубежного аналога заключаются в следующем:

- толщина бумаги в 1,5 раза больше и соответственно больше масса бумаги площадью 1 м²;
- масса ингибитора, приходящаяся на 1 м² бумаги, в 1,8 раза меньше;
- бумага «Евро Бум» имеет худшие сорбционные свойства, так как поверхностная впитываемость при одностороннем смачивании по методу Кобба в 1,6 раза ниже;
- паропроницаемость, определенная при температуре 20°С, почти в 2 раза ниже, что свидетельствует о лучших барьерных свойствах.

Таблица 1. Структурно-физические свойства упаковочных бумаг.

Упаковочная бумага	Масса бумаги площадью 1 м ² , г/м ² (ГОСТ 13199–88)	Масса ингибитора, г/м ² (метод фирмы Walki Wisa)	Толщина, мм (ГОСТ 27015–86)	Поверхностная впитываемость (метод Кобба), г/м ² (ГОСТ 12605–91)	Паропроницаемость, г/м ² ·сут (ГОСТ 9.507–88)
«Евро Бум»	166	5,4	0,54	58,0	41,6
«Fislage»	157	9,5	0,35	95,2	81,5

Деформационно-прочностные характеристики упаковочных бумаг определены на испытательной машине ИП

5158–01 с цифровой системой управления. Результаты испытаний представлены в таблице 2.

Таблица 2. Деформационно-прочностные характеристики упаковочных бумаг

Упаковочная бумага	Разрушающее усилие, Н	Относительное удлинение, %	Предел прочности при растяжении, МПа
«Евро Бум»	55,2	54,6	7,1
«Fislage»	88,0	36,3	16,7

При более высоких деформационных свойствах упаковочная бумага «Евро Бум» уступает зарубежному аналогу по прочностным характеристикам: предел прочности при растяжении в 2,3 раза меньше. Из-за недостаточных прочностных свойств упаковочной бумаги могут возникать проблемы при механизированной упаковке стальных рулонов.

Испытания защитных свойств ингибированной бумаги марки «Евро Бум» проводились гравиметрическим методом в камере тепла и влаги согласно ГОСТ 9.054–75. Сущность метода заключалась в следующем: образцы холоднокатаной стали марки 08Ю, упакованные в ингибированную бумагу, экспонировались в условиях с периодической конденсацией влаги. Испытания проводились циклами: в течение 7 часов образцы подвергались воздействию коррозионной среды (относительная влажность воздуха 95–100% и температура (40±2)°С); затем в те-

чение 17 часов создавались условия конденсации влаги на упакованных образцах путем отключения камеры и охлаждения.

Первые очаги коррозии в виде точек на холоднокатаной стали появились спустя 4 цикла испытаний. Массу продуктов коррозии определяли гравиметрически по потере веса стальных образцов после удаления с поверхности металлических пластин продуктов коррозии. По результатам испытаний рассчитывали показатель коррозии K (г/м²) по формуле [5]:

$$K = \frac{m_1 - m_2}{S \cdot t}$$

где m_1 — начальная масса образца, г; m_2 — масса образца после испытаний, г; S — площадь поверхности образца, м².

Результаты коррозионных испытаний после 10 циклов представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты коррозионных испытаний

Упаковочная бумага	Масса продуктов коррозии, г	Показатель коррозии, г/м ²	Характер коррозии
«Евро Бум»	0,02	0,96	В виде точек и пятен
«Fislage»	0,002	0,17	В виде точек
Крепированная бумага без VCI	0,015	0,82	В виде точек и пятен

Установлено, что для холоднокатаной стали марки 08Ю бумага «Евро Бум» не оказывает защитного действия, так как все показатели коррозии находятся практически на уровне упаковочной бумаги без ингибитора. По своим защитным антикоррозионным свойствам она уступает используемому ранее зарубежному аналогу — бумаге фирмы «Fislage»: показатель коррозии в 5,6 раза

выше. Это может быть обусловлено, во-первых, более низким содержанием летучего ингибитора коррозии. Во-вторых, худшими сорбционными свойствами крепированной бумаги, что может способствовать образованию пленки конденсационной влаги на поверхности металла и, соответственно, возникновению атмосферной коррозии.

Таким образом, упаковочная бумага марки «Евро Бум», используемая в настоящее время на ОАО «ММК» для упаковки холоднокатаной стали, уступает по проч-

ностным и антикоррозионным свойствам применяемому ранее зарубежному аналогу — бумаге фирмы «Fislage» (Германия).

Литература:

1. Антропов, Л. И. Ингибиторы коррозии металлов / Л. И. Антропов, Е. М. Макушин, В. Ф. Панасенко. — Киев: Техніка, 1981. — 183 с.
2. Рогова, А. Н. Современные способы защиты металлоизделий от коррозии многослойными комбинированными материалами / А. Н. Рогова, А. В. Разумков // Тара и упаковка. — 2002. — № 6. — с. 44–47.
3. Коляда, Л. Г., Медяник Н. Л. Оценка антикоррозионных свойств упаковочных материалов для металлопродукции обзор современных упаковочных материалов для металлопродукции / Л. Г. Коляда, Н. Л. Медяник // Бюллетень научно-технической и экономической информации «Черная металлургия». — 2009 г. — № 4. с. 51–56.
4. Коляда, Л. Г. Изучение защитных свойств комбинированных упаковочных материалов / Л. Г. Коляда, Л. Р. Салихова, О. М. Катюшенко // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2007. № 1 (17). с. 110–113.
5. Коляда, Л. Г. Изучение антикоррозионных свойств комбинированных упаковочных материалов для металлопродукции / Л. Г. Коляда, А. В. Кремнева // Теория и технология металлургического производства. — 2014. — № 2 (15). — с. 105–108.

Сравнительный анализ применения двигателя Стирлинга и дизельного генератора для системы электротеплоснабжения объектов в Арктических районах России

Михайлова Василиса Сергеевна, студент
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Развитие Арктической зоны Российской Федерации в наше время является одним из первоочередных вопросов. Согласно стратегии государственной программы основным направлением объявляется разработка и внедрение новых научных технологий. Климатические условия Арктических районов крайне неблагоприятны для строительства и жизни. Природа Арктики очень хрупка и чувствительна к внешнему вмешательству. Теплогенераторы, применяемые ранее, уже не отвечают новым критериям и поставленным задачам по экологичности. Двигатель Стирлинга — тепловая машина, в которой рабочее тело: газ или жидкость, движется в замкнутом объеме. Двигатель имеет преимущества: многотопливность, т.е. возможность работы практически от любого источника теплоты; высокий ресурс и длительный межремонтный период. Таким образом, двигатель Стирлинга является наиболее перспективным для применения в типовых тепловых генераторах в Арктической зоне Российской Федерации.

Ключевые слова: теплоноситель, теплогенератор, двигатель Стирлинга, экологичность.

В связи с утверждением государственной Программы Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации на период до 2020 года» [1], проблема инженерной деятельности в этих районах на данный момент является одной из первоочередных.

Согласно Программе на период до 2020 года приоритетными направлениями являются:

- комплексное социально-экономическое развитие Арктической зоны Российской Федерации;
- развитие науки и технологий;
- создание современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры;
- обеспечение экологической безопасности;

— международное сотрудничество в Арктике.

Таким образом, одним из важнейших параметров является применение новых усовершенствованных технологий, которые позволят получать максимально возможный КПД энергетических установок при минимальном вреде для экологии.

Климатические условия Арктических районов и их влияние на строительство

Тип климата, характерный для Арктического географического пояса и части Субарктики формируется не только в связи с низкими температурами высоких широт, сильным светоотражением снежно-ледяного покрова длительной полярной ночью, но и в связи с отражением тепла в светлое время от снега и льда.

Годовая сумма атмосферных осадков 100–200 мм. В зонах перехода к субарктическому климату развивается циклоническая деятельность, и атмосферные осадки увеличиваются до 400 мм в год [2].

Полярные день и ночь обуславливают крайне неравномерное поступление солнечной радиации в течение года. Радиационный баланс в южных районах Арктики положительный, составляет 420–630 Мдж/(м²·год).

Суровый Арктический климат обуславливает низкую температуру океанических вод. В области распространения дрейфующих льдов в течение всего года температура поверхностного слоя вод (толщиной 100–200 м) близка к минус 2°С [3].

Любая строительная и хозяйственная деятельность в районах вечной мерзлоты сопряжена с большими трудностями. Мерзлотные процессы разрушают сооружения и транспортные пути. Поэтому основные грузы приходится поставлять в холодное время года по зимним дорогам или по водному пути. Любые здания сооружают на сваях, которые при недостаточном заглублении, выталкиваются грунтом и приводят к разрушению здания. Мерзлота сохраняет органические и неорганические вещества и препятствует их разложению. Данный фактор существенно усложняет захоронение промышленных и бытовых отходов. Из-за низких температур медленно происходит самоочищение вод, задерживается восстановление тундровой флоры. В связи с осваиванием труднодоступных Арктических регионов, требуется строительство нефтедобывающих, угольных, газовых и других строительных объектов [4].

Теплогенераторы: внедрение новых технологий

В Арктической зоне сконцентрирована добыча 91% природного газа и 80% газа промышленных категорий. Кроме того, на шельфе Баренцева моря разведано один-

надцать месторождений, в том числе четыре нефтяных. В Сибири сосредоточены богатые запасы практически всех ценных металлов: золота, серебра, никеля, молибдена и цинка [5]. Однако на многих разведанных месторождениях добыча не ведется из-за труднодоступности и высокой стоимости разработок. Любая добывающая промышленность требует больших затрат электроэнергии и тепла. На сегодняшний момент в основном для этих целей применяют дизельные генераторы.

Основные технические характеристики дизельных энергоустановок [6]:

- мощность одной установки: 0,10–5,00 МВт;
- напряжение: 0,4–13 кВ;
- срок службы двигателя: 150–300 тыс.ч.;
- КПД (без утилизации теплоты): 0,39–0,47;
- КПД (с утилизацией теплоты): 0,70–0,80;
- диапазон рабочих режимов: 10–110% от номинальной мощности;
- моторесурс до текущего ремонта: 10–60 тыс.ч.;
- моторесурс до капитального ремонта: 60–100 тыс.ч.;
- затраты на ремонт: 5–20% от стоимости;
- стоимость установленной мощности: 90–200 \$/кВт;
- уровень шума: не более 88 дБ;
- вредные выбросы (концентрация в отработавших газах, приведенная к 5% O₂):
 NO_x: 3400 мг/м³;
 СО: 170 мг/м³.

Принцип работы одного цикла дизельного генератора представлен на Рисунке 1.

В настоящий момент основной задачей становится переход на новый технологический уровень, связанный с энергосбережением, экологией и сокращением доли использования традиционных энергоресурсов [7]. В рамках

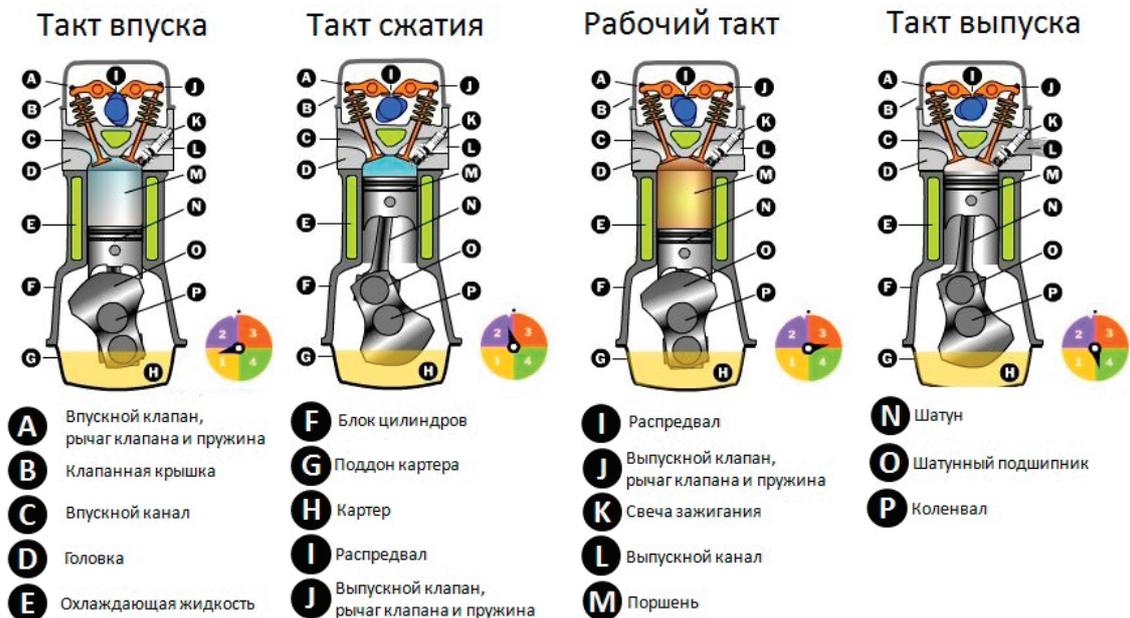


Рис. 1. Принцип работы дизельного генератора

решения этих задач, наиболее перспективным путем является разработка и внедрение двигателей Стирлинга (ДС). В его современных типах заложены новые технические решения, позволяющие снизить их стоимость (применение менее дорогостоящих материалов, а также новые варианты теплоносителей) [8].

ДС — тепловая машина, в которой рабочее тело, движется в замкнутом контуре.

Основные технические характеристики двигателя:

Мощность, вырабатываемая ДС, почти прямо пропорциональна среднему давлению цикла. Поэтому, чтобы получить высокие значения абсолютной и удельной мощности, давление в двигателе должно составлять 10–20

Мпа. КПД ДС может достигать 65–70% КПД цикла Карно при современном уровне проектирования и технологии изготовления. ДС по своей природе обладает низким уровнем шума. По сравнению с сопоставимым дизельным двигателем уровень шума ДС ниже на 18 дБ [9].

Цикл Стирлинга состоит из четырёх фаз и разделён двумя переходными фазами: нагрев, расширение, переход к источнику холода, охлаждение, сжатие и переход к источнику тепла (Рис.2). Таким образом, при переходе от тёплого источника к холодному источнику происходит расширение и сжатие газа, находящегося в цилиндре. При этом изменяется давление, за счёт чего можно получить полезную работу [10].

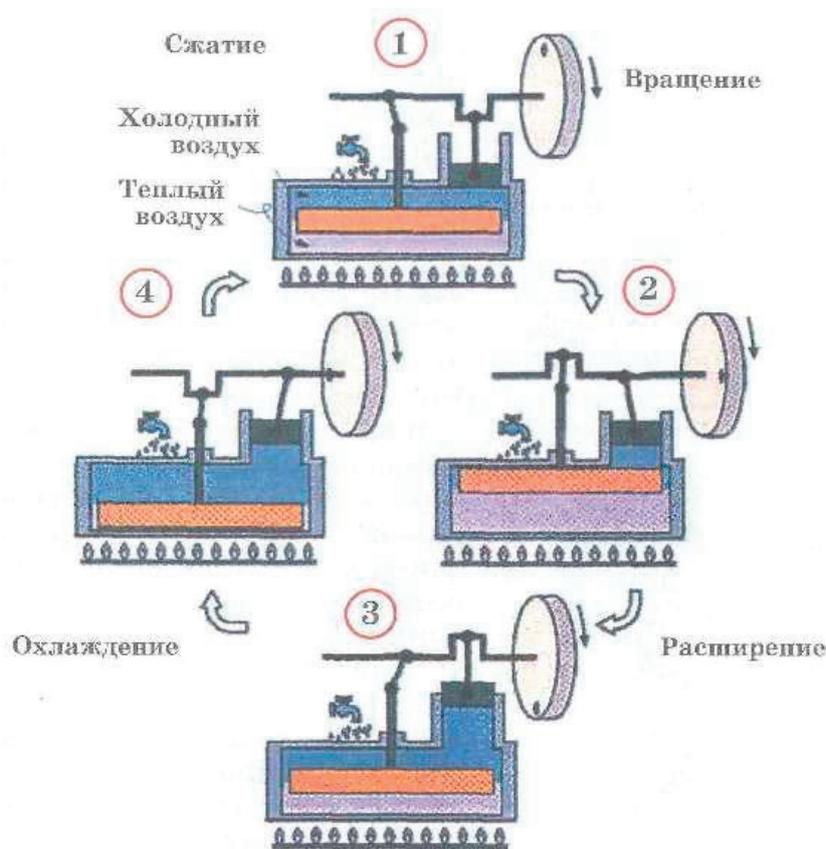


Рис. 2. Принцип действия двигателя Стирлинга

Преимущества двигателя Стирлинга перед дизельным генератором

Преимущества можно распределить по категориям, освещая основные моменты.

Конструкция, обслуживание и ремонт. Конструкция дизельного генератора сложная, с множеством компонентов и узлов. Работы по техническому обслуживанию следует проводить квалифицированному персоналу с соответствующим оборудованием практически регулярно. Моторесурсы до текущего и капитального ремонтов не велики. ДС отличается тем, что не требует дополнительных систем, таких как газораспределительный механизм. От-

сутствие многих склонных к износу узлов позволяет обеспечить небывалый для других двигателей запас работоспособности [11,12].

Экономичность. Дизель генераторы отличаются экономичностью в отношении расхода топлива и пожаробезопасности. Для утилизации некоторых видов теплоты, особенно при небольшой разнице температур, ДС часто оказывается самым эффективным видом двигателя. Например, в случае преобразования в электричество солнечной энергии ДС иногда дает больший КПД (21,5%) [13].

Экологичность. ДС не имеет выброса рабочего тела, а значит уровень его шума гораздо меньше, чем у порш-

невых двигателей внутреннего сгорания. Бета-Стирлинг с ромбическим механизмом является идеально сбалансированным устройством и, при достаточно высоком качестве изготовления, имеет предельно низкий уровень вибраций (амплитуда вибрации меньше 0,0038 мм) [14]. Сам по себе ДС не имеет каких-то частей или процессов, которые могут способствовать загрязнению окружающей среды. Он не расходует рабочее тело. Экологичность двигателя обусловлена, прежде всего, экологичностью источника теплоты [15]. Стоит также отметить, что обеспечить полноту сгорания топлива в двигателе внешнего сгорания проще, чем в двигателе внутреннего сгорания. В ДВС полнота сгорания топлива зависит от соответствия химического состава топлива физическим параметрам ДВС. Например, бензин или дизельное топливо всегда сгорают в цилиндрах не полностью, тогда как спирт или сжиженный газ сгорают в ДВС полностью [16].

Источник теплоты. Дизельный генератор работает на дизельном топливе, которое мало того, что является неэкологичным, сопутствует выбросу в атмосферу вредных веществ. ДС может работать от почти любого источника теплоты: например, между разными слоями воды в океане, от солнца, от ядерного или изотопного нагревателя [17]. В качестве местного топлива в Арктических районах для Стирлинг-генераторов может использоваться торф, измельченный уголь и др. В настоящее время в Российской Федерации ежегодно пропадает до 60 млрд. м³ попутного газа, который выходит вместе с нефтью [18]. Собрать его сложно и дорого, использовать в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания нельзя из-за постоянно меняющегося фракционного состава. Однако этот газ может быть приемлемым топливом для энергетических установок с ДС [19].

Таким образом, отпадет необходимость завозить топливо с материка, и не будет наноситься ущерб природе, поскольку минимизируются вредные выбросы. Из дан-

ного пункта вытекает преимущество — снижение или исключение затрат на поставки топлива.

Поставка. Поставка ресурсов в районы Крайнего Севера осуществляется водным транспортом или в холодное время года по зимнему пути, в редких случаях воздушным способом. Все виды транспорта являются весьма дорогостоящими. Однако ДС может работать на местном топливе или попутном газе от нефтепромышленности, что в разы снижает стоимость поставок [20].

Выводы

Арктические районы Российской Федерации вышли на новый виток развития, приобретя важное стратегическое значение. За последние 20 лет в данном регионе было обнаружено более 20 крупных месторождений нефти и газа, что делает организацию строительства всей необходимой инфраструктуры для освоения природными ресурсами одной из первостепенных проблем.

Используемые в данный момент теплогенераторы уже не отвечают новым критериям экологической эффективности в системе охраны окружающей среды. Одной из основных задач при освоении данного региона является охрана окружающей среды и предотвращение создания в нем экологически неблагоприятных районов. Именно поэтому разработкой и созданием более экологичных двигателей Стирлинга занимаются во многих странах мира. В плане экологичности доказано серьезное преимущество двигателя Стирлинга перед дизельным генератором. По сравнению с последними они имеют лучшие показатели по токсичности и уровню шума, могут работать практически с любым источником теплоты и т.д. Универсальность двигателя Стирлинга в отношении источника теплоты, в сочетании с высоким КПД позволяет рассчитывать на широкое распространение теплового двигателя этого типа в будущем.

Литература:

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2014 г. № 366 Москва // Интернет-портал «Российской Газеты». URL: <http://rg.ru/2014/04/24/arktika-site-dok.html> (дата обращения: 11.04.2016).
2. Арктический климат // Федеральный портал Protown.ru. URL: <http://protown.ru/information/hide/4328.html> (дата обращения: 11.04.2016).
3. Географический атлас России. ПКО «Картография». — М. 1998
4. Крайний Север России // География России. URL: <http://geographyofrussia.com/krajnij-sever-rossii/> (дата обращения: 11.04.2016).
5. Агалаков, С. Е., Беляев С. Ю., Борисова Л. С. и др. Особенности геологического строения и разработки уникальных залежей газа крайнего севера Западной Сибири. — Новосибирск: СО РАН, 2004. — 141 с.
6. Кашкаров, А. П. Современные био-, бензо-, и дизель-генераторы и другие полезные конструкции. — Москва: ДМК-Пресс, 2011. — 142с.
7. Двигатель Стирлинга. Кукис В. С., Романов В. А., Петриченко М. Р., Куколев М. И., Дворцов В. С. патент на полезную модель RUS 126372 27.02.2012
8. Кукис, В. С., Куколев М. И., Костин А. И., Дворцов В. С., Ноздрин Г. А., Абакшин А. Ю. Перспективы улучшения характеристик двигателей Стирлинга // Двигателестроение. — 2012. — № 3. — с. 3–6.
9. Ридер, Г., Хупер Ч. Двигатели Стирлинга. — Москва: Мир, 1986. — 464с.
10. Уокер, Г. Двигатели Стирлинга. — Москва: Машиностроение, 1985. — 401с.

11. Энергоустановка с двигателем Стирлинга. Кукис В. С., Петриченко М. Р., Куколев М. И., Дворцов В. С., Романов А. В. патент на полезную модель RUS 151039 16.06.2014
12. Уокер, Г. Машины, работающие по циклу Стирлинга. Москва: Энергия, 1978. — 152 с.
13. Бреусов, В. П., Куколев М. И. Серийное производство двигателей Стирлинга // Академия Энергетики. — 2010. — № 3. — с. 58–61.
14. Круглов, М. Г., Даниличев В. Н., Ефимов С. И. и др. Двигатели Стирлинга. Москва: Машиностроение, 1997. — 150 с.
15. Бреусов, В. П., Куколев М. И. Проектная разработка и технология изготовления двигателей с внешним подводом теплоты, работающих на биогазе // Двигателестроение. — 2009. — № 2. — с. 45–46.
16. Мышинский, Э. Л., Рыжков-Дудонов М. А. Судовые двигатели внешнего сгорания. Ленинград: Судостроение, 1976. — 76с.
17. Куколев, М. И., Кукис В. С., Вильдяева С. Н. Обобщенная методика оценки режимов работы теплового накопителя // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. — 2013. — № 2. — с. 169–172.
18. Бреусов, В. П., Куколев М. И., Яковлева С. Н., Абакшин А. Ю. Двигатели с внешним подводом теплоты // Двигателестроение. — 2009. — № 3. — с. 41–44.
19. Бреусов, В. П., Куколев М. И., Вильдяева С. Н., Абакшин А. Ю. Двигатели с внешним подводом теплоты (продолжение) // Двигателестроение. — 2009. — № 4. — с. 41–45.
20. Бреусов, В. П., Куколев М. И. Некоторые разработки двигателей Стирлинга за рубежом // Академия Энергетики. — 2010. — № 5. — с. 72–76.

Учет поврежденности монолитных и дискретных материалов при проектировании дорожных конструкций

Новиков Артем Юрьевич, магистрант

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

Выполнен обзор и анализ критериев прочности и условий пластичности монолитных и дискретных материалов, применяемых для устройства дорожных конструкций, и их методов расчета. Рассмотрены наиболее часто применяемые решения, в том числе полученные в последнее время. Определена область применения каждого метода расчета. Предложены способы расчета поврежденности в монолитном и дискретном материале через отношение модулей упругости и плотности поврежденных и неповрежденных тел.

Ключевые слова: дорожная конструкция, земляное полотно, основание, покрытие дорожная одежда.

Интенсивная автомобилизация РФ привела к тому, что автомобильные дороги стали подвергаться воздействию тяжелых, зачастую сверхнормативных, нагрузок с высокой интенсивностью движения. Это наносит значительный ущерб дорожной конструкции, включающей в себя дорожную одежду и земляное полотно. Появление на покрытиях дорожных одежд многочисленных повреждений повлекло взимание с большегрузных автомобилей платы за проезд по федеральным дорогам общего пользования.

Специалисты дорожной отрасли отреагировали модификацией существующих методов расчета дорожных одежд и разработкой принципиально новых способов проектирования дорожных конструкций. К числу таких методов отнесем:

- расчет дорожных конструкций по критериям ровности [1–3], включающий в себя расчет остаточных деформаций в грунтах земляного полотна [4–10] и конструктивных слоях дорожной одежды [11–16];
- расчет грунтов земляного полотна по сопротивлению сдвигу [17, 18], для которого совершенствуют условия пластичности [19–24], модели расчета главных и касательных напряжений [25–29];
- расчет грунтов земляного полотна по безопасным давлениям [30, 31];
- расчет монолитных слоев дорожной с учетом повреждений структуры материала [32, 33];
- разработку способов расчета шероховатости дорожных покрытий [34–36].

Кроме методов проектирования дорожных одежд интенсивно развивают технологические процессы, связанные с уплотнением грунтов и дискретных материалов. При этом пристальное внимание уделяют контролю степени уплотнения [37–39]. Для прогнозирования влияния коэффициента уплотнения грунта и дискретных материалов на их параметры прочности и деформируемости можно использовать математические модели, полученные в работах [34–36]. Общий вид таких зависимостей представлен автором в табл. 1.

Таблица 1. Математические модели для определения модуля упругости и параметров прочности на сдвиг

Показатель прочности или деформируемости	Формула
Модуль упругости, МПа	$E = a \cdot k_0^b \cdot e^{(c \cdot W^2 - d \cdot W)}$
Сцепление, МПа	$\tilde{n} = f \cdot k_0^g \cdot e^{(h \cdot W - k \cdot W^2)}$
Угол внутреннего трения, °	$\varphi = l \cdot (1 - W) \cdot k_0^m$

Примечание: k_y — коэффициент уплотнения; W — ($W = W_e / W_T$) относительная влажность; W_e — влажность грунта; W_T — влажность на границе текучести; $a, b, c, d, f, g, h, k, l$ и m — параметры материала или грунта

Безусловно, что увеличение коэффициента уплотнения благоприятно влияет на показатели прочности и деформируемости грунтов и материалов с дискретной структурой. Однако, несмотря на такое положительное влияние состояние дорог РФ неудовлетворительное. Поэтому наиболее актуальной является разработка или совершенствование методов расчета дорожных одежд.

В этом аспекте наибольший интерес представляет совершенствование критериев прочности и условий пластичности монолитных и дискретных материалов, применяемых в дорожной конструкции. Для учета усталостных процессов, протекающих в этих материалах, применяют функциональные зависимости, описывающие уменьшение параметров прочности и деформируемости от числа приложенных расчетных нагрузок [4, 17, 24].

Вместе с тем возможен другой способ учета усталости материалов состоящий в том, что в критерии прочности и условия пластичности вводятся меры теории накопления повреждений, которые называют сплошность Л. М. Качанова и поврежденность Ю. Н. Работнова [40]. Для ввода этих мер в критерий прочности или условия пластичности применяют принцип эквивалентности напряжений, состоящий в том, что напряжение в поврежденном теле находят по формуле:

$$\sigma_{ij\omega} = \frac{\sigma_{ij}}{1 - \omega} = \frac{\sigma_{ij}}{\Psi} \tag{1}$$

где σ_{ij} компоненты тензора напряжений сплошного тела; ω — поврежденность Ю. Н. Работнова, Ψ — сплошность Л. М. Качанова.

Инварианты тензора напряжений, а так же напряжения на октаэдрических площадках и интенсивности Мизеса определяют по формулам механики сплошной среды, но с постановкой в них компонент тензора напряжений поврежденного тела. Поэтому инвариантные характеристики тензора напряжений поврежденного тела содержат либо сплошность, либо поврежденность. Формулы для их расчета приведены в таблице 2.

Подставляя зависимости таблицы 2 в критерии прочности и условия пластичности сплошных сред, получают их аналоги, но для поврежденных тел. Способ такой модификации показан в работах [17, 32, 33, 40]. Применяя критерий В. В. Чусова [40], полученный модификацией трехпараметрического условия пластичности Кулона-Мора [23, 24], запишем:

$$\frac{1}{2 \cdot (1 - \omega)} \cdot \left(\sigma_1 \cdot \left(\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \right)^d - \left(\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \right)^d \cdot \sigma_3 \right) = \tilde{n} \tag{2}$$

где φ — угол внутреннего трения; c — сцепление, МПа; d — параметр материала, зависящий от величины деформации, принимаемой за предельную при выполнении трехосных испытаний.

В критерии пластичности (2) основную задачу составляет расчет поврежденности. Одним из вариантов решения этой задачи является применения принципа эквивалентности деформаций [40, 41], из которого следует, что модули упругости поврежденного и неповрежденного тела связаны зависимостью:

$$E_D = E \cdot (1 - \omega) \tag{3}$$

Выразив из (3) поврежденность и подставив полученную формулу в критерий (2) получим:

$$\frac{E}{2 \cdot E_D} \cdot \left(\sigma_1 \cdot \left(\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \right)^d - \left(\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \right)^d \cdot \sigma_3 \right) = \tilde{n} \tag{4}$$

Таблица 2. Характеристики напряженного состояния поврежденного тела [17, 32, 33]

Наименование характеристики	Формула
Главные напряжения $\sigma_{1\omega}, \sigma_{2\omega}, \sigma_{3\omega}$	$\sigma_{1\omega} = \frac{\sigma_1}{1-\omega} = \frac{\sigma_1}{\psi}; \sigma_{2\omega} = \frac{\sigma_2}{1-\omega} = \frac{\sigma_2}{\psi}; \sigma_{3\omega} = \frac{\sigma_3}{1-\omega} = \frac{\sigma_3}{\psi}$, где σ_1, σ_2 и σ_3 — главные напряжения в неповрежденном теле
Максимальные касательные напряжения $\tau_{max\omega}$	$\tau_{max\omega} = \frac{\tau_{max}}{1-\omega} = \frac{\tau_{max}}{\psi}; \tau_{max\omega} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2 \cdot (1-\omega)} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2 \cdot \psi}$
Октаэдрическое нормальное напряжение $\sigma_{окт\omega}$ и касательное $\tau_{окт\omega}$ напряжения	$\sigma_{окт\omega} = \frac{\sigma_{окт}}{1-\omega} = \frac{\sigma_{окт}}{\psi}; \tau_{окт\omega} = \frac{\tau_{окт}}{1-\omega} = \frac{\tau_{окт}}{\psi}$
Интенсивность нормальных $\sigma_{и\omega}$ и касательных $\tau_{и\omega}$ напряжений	$\sigma_{и\omega} = \frac{\sigma_{и}}{1-\omega} = \frac{\sigma_{и}}{\psi}; \tau_{и\omega} = \frac{\tau_{и}}{1-\omega} = \frac{\tau_{и}}{\psi}$.
Инварианты тензора напряжений (первый $I_{1\omega}$, второй $I_{2\omega}$ и третий $I_{3\omega}$)	$I_{1\omega} = \frac{I_1}{1-\omega} = \frac{I_1}{\psi}; I_{2\omega} = \frac{I_2}{(1-\omega)^2} = \frac{I_2}{\psi^2}; I_{3\omega} = \frac{I_3}{(1-\omega)^3} = \frac{I_3}{\psi^3}$.
Второй инвариант девиатора напряжений	$J_{2\omega} = \frac{1}{(1-\omega)^2} \cdot \left(I_2 - \frac{1}{3} \cdot I_1^2 \right) = \frac{1}{\psi^2} \cdot \left(I_2 - \frac{1}{3} \cdot I_1^2 \right)$,
Третий инвариант девиатора напряжений	$J_{3\omega} = \frac{1}{(1-\omega)^3} \cdot \left(I_3 - \frac{1}{3} \cdot I_1 \cdot I_2 + \frac{2}{27} \cdot I_1^3 \right) = \frac{1}{\psi^3} \cdot \left(I_3 - \frac{1}{3} \cdot I_1 \cdot I_2 + \frac{2}{27} \cdot I_1^3 \right)$.

Из анализа формулы (4) следует, что чем меньше модуль упругости поврежденного тела E_D , тем выше касательное напряжение определяемой левой частью уравнения (4).

Со временем появились новые данные о накоплении повреждений в материалах, работающих под нагрузкой и наряду с принципом эквивалентности деформаций возник другой постулат, известный как принцип энергетической эквивалентности [42]. Согласно этому принципу поврежденность так же определяется через отношение модулей упругости поврежденного тела и неповрежденной среды, но по иному выражению, которое имеет вид [42–45].

$$\omega = 1 - \sqrt{\frac{E_D}{E}} \tag{5}$$

Подставив зависимость (5) в критерий 2, получим:

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{\sqrt{E}}{\sqrt{E_D}} \cdot \left(\sigma_1 \cdot \left(\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \right)^d - \left(\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \right)^d \cdot \sigma_3 \right) = \bar{\kappa} \tag{6}$$

Опираясь на данные работ [42–45] автор отметит, что критерий (6) более точен по сравнению со своим аналогом (4).

Оценивая область применения критерия (6) укажем, что он подходит для оценки начала пластичности в монолитных и дискретных материалах. Тем не менее, можно предложить несколько иной способ расчета поврежденности, используя соотношение плотностей поврежденного и сплошного тела. Дж. Леметр отметил, что в случае чистого пластичного повреждения, дефекты полости, которые могут быть приведены к сферической форме увеличиваются в диаметре [46]. Это означает, что объем среды увеличивается с повреждением, а плотность при той же массе уменьшается.

Так как плотность материала измерима, то к вычислению поврежденности можно применить принцип F. Moussy, рассмотревшего изменение относительной плотности при поврежденном и начальном состояниях, характеризуемых плотностями ρ_D и ρ соответственно [47]. Для расчета плотности сплошного и поврежденного тела применены формулы работы [48]. После всех необходимых преобразований поврежденность определяется по формуле:

$$\omega = \left(1 - \frac{\rho_D}{\rho} \right)^{\frac{2}{3}} \tag{7}$$

Применяя зависимость (7) в условии пластичности (2), получим:

$$\frac{1}{2 \cdot \left(1 - \left(1 - \frac{\rho_D}{\rho} \right)^{\frac{2}{3}} \right)} \cdot \left(\sigma_1 \cdot \left(\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \right)^d - \left(\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \right)^d \cdot \sigma_3 \right) = \bar{\kappa} \tag{8}$$

Зависимость (8) удобна тем, что ее можно применить при оценке поврежденности дискретных и монолитных материалах, уложенных в конструктивные слои дорожной одежды и земляного полотна, непосредственно при эксплуатации дороги. Для этого достаточно определить плотность материала в конструктивном элементе, воспринимающем нагрузку, и так называемую, максимальную стандартную плотность, которую следует считать плотностью неповрежденного материала.

Применение этой зависимости позволяет корректировать расчет остаточного ресурса дорожной конструкции непосредственно в процессе эксплуатации автомобильной дороги.

Подводя итог, изложенным материалам автор отметит:

1. Предложенные в статье уравнения предельного состояния (4), (6) и (8) позволяют уточнить основные положения расчета дорожных конструкций, путем учета накапливания повреждений в монолитных и дискретных материалах.
2. Задачами дальнейших исследований автора являются экспериментальные работы, выполняемые в лаборатории, и натурные испытания дорожных конструкций для математического моделирования изменения модуля упругости и плотности материалов при воздействии многократных нагрузок.

Литература:

1. Александров, А. С., Гордеева С. А., Шпилько Д. Н. О допускаемых и предельных значениях неровностей асфальтобетонных покрытий дорожных одежд жесткого типа // Автомобильная промышленность. — 2011. — № 2. — с. 31–35.
2. Герцог, В. Н., Долгих Г. В., Кузин В. Н. Расчет дорожных одежд по критериям ровности. Часть 1. Обоснование норм ровности асфальтобетонных покрытий // Инженерно-строительный журнал. — 2015. — № 5 (57) — с. 45–57.
3. Александров, А. С. Критерии расчета дорожных конструкций по ровности, допускаемые и предельные неровности // Вестник гражданских инженеров. — 2008. — № 4. — с. 97–104.
4. Александров, А. С. Применение теории наследственной ползучести к расчету деформаций при воздействии повторных нагрузок: монография. — Омск: СибАДИ, 2014. — 152 с.
5. Васильев, А. П., Коганзон М. С., Яковлев Ю. М. Предложения по учету остаточных деформаций при расчете дорожных одежд нежесткого типа // Наука и техника в дорожной отрасли. — 1997. — № 1. — с. 5–6.
6. Александров, А. С., Александрова Н. П., Кузин Н. В. методы теории наследственности в расчетах пластических деформаций материалов и грунтов при воздействии повторяющихся нагрузок // Транспортное строительство. — 2009. — № 2. — с. 25–28.
7. Александров, А. С. Нелинейное пластическое деформирование материалов при воздействии повторных кратковременных нагрузок // известия высших учебных заведений. Строительство. — 2008. — № 10. — с. 74–84.
8. Каныгина, С. Ю. Прогнозирование остаточных деформаций дорожных одежд нежесткого типа на земляном полотне из глинистых грунтов / С. Ю. Каныгина // Автореф. канд. техн. наук — М.: Изд-во МАДИ (ТУ), 1999. — 20 с.
9. Александров, А. С. Моделирование деформационных процессов, протекающих в связных грунтах // Наука и техника в дорожной отрасли. — 2002. — № 4. — с. 16–19.
10. Александров, А. С. Учет упруговязкопластических свойств связных грунтов при проектировании дорожных одежд // Автореферат канд. техн. наук — Омск: СибАДИ, 2001. — 24 с.
11. Семенова, Т. В., Гордеева С. А., Герцог В. Н. Определение пластических деформаций материалов, используемых в дорожных конструкциях // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. — 2012. — № 4 (37). — с. 247–254.
12. Александров, А. С., Киселева Н. Ю. Пластическое деформирование гнейс- и диабаз материалов при воздействии повторяющихся нагрузок // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 2012. — № 6. — с. 49–59.
13. Александров, А. С. Пластическое деформирование гранодиоритового щебня и песчано-гравийной смеси при воздействии трехосной циклической нагрузки // Инженерно-строительный журнал. — 2013. — № 4 (39) — с. 22–34.
14. Семенова, Т. В., Герцог В. Н. Пластическое деформирование материалов с дискретной структурой в условиях трехосного сжатия при воздействии циклических нагрузок // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2013. — № 1 (29). — с. 68–73.
15. Александров, А. С. Расчет пластических деформаций материалов и грунтов дорожных конструкций при воздействии транспортной нагрузки // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. — 2009. — № 2. — с. 3–11.
16. Александров, А. С., Долгих Г. В. Учет кратковременного и повторного характера приложения подвижной нагрузки в инженерных методах расчета остаточных деформаций грунтов и дискретных материалов дорожных конструкций // Вестник МАДИ. — 2011. № 4. — с. 81–87.
17. Александров, А. С. Совершенствование расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу. Ч. 1. Состояние вопроса: монография. — Омск: СибАДИ, 2015. — 292 с.

18. Александров, А. С., Долгих Г. В., Калинин А. Л. Один из путей совершенствования расчета дорожных одежд по условию сопротивления сдвигу в грунте земляного полотна // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. — Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2013. — с. 9–22.
19. Калинин, А. Л. Применение модифицированных условий пластичности для расчета безопасных давлений на грунты земляного полотна. // Инженерно-строительный журнал — 2013. № 4 (39). — с. 35–45.
20. Александров, А. С., Долгих Г. В., Калинин А. Л. Применение критерия Друкера-Прагера для модификации условий пластичности // Наука и техника в дорожной отрасли. — 2013. № 2. — с. 26–29.
21. Александров, А. С., Долгих Г. В., Калинин А. Л. Модификация критериев прочности сплошной среды для расчета грунтов земляного полотна по сопротивлению сдвигу // В сборнике: Архитектура. Строительство. Транспорт. Технологии. Инновации Материалы Международного конгресса ФГБОУ ВПО «СибАДИ». — Омск: СибАДИ, 2013. — с. 228–235.
22. Чусов, В. В. Перспективы применения эмпирических условий пластичности грунтов и определение их параметров при трехосных испытаниях грунтов Вестник ВолГАСУ. — 2015. № 4 (61). — с. 49–57.
23. Александров, А. С., Калинин А. Л. Совершенствование расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу. Часть 1. Учет деформаций в условии пластичности Кулона-Мора // Инженерно-строительный журнал. — 2015. № 7 (59). — с. 4–17.
24. Александров, А. С. Совершенствование расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу. Ч. 2. Предложения: монография. — Омск: СибАДИ, 2015. — 262 с.
25. Александрова, Н. П. Модифицированные модели для расчета главных напряжений в грунте земляного полотна // В сборнике: Архитектура. Строительство. Транспорт. Технологии. Инновации Материалы Международного конгресса ФГБОУ ВПО «СибАДИ». Омск, 2013. — с. 236–246.
26. Александров, А. С. Один из путей расчета минимальных главных напряжений в грунтах земляного полотна / А. С. Александров // В сборнике: Архитектура. Строительство. Транспорт. Технологии. Инновации Материалы Международного конгресса ФГБОУ ВПО «СибАДИ». — Омск, СибАДИ, 2013. — с. 217–228.
27. Александров, А. С., Долгих Г. В., Юрьев Д. В. Расчет главных напряжений в слоях дорожной одежды из дискретных материалов // Транспортное строительство. — 2011. — № 7. — с. 17–22.
28. Александрова, Н. П., Семенова Т. В., Долгих Г. В. Совершенствование моделей расчета главных напряжений и девиатора в грунте земляного полотна // Вестник СИБАДИ. — 2014. — № 2 (36). с. 49–54.
29. Александров, А. С., Александрова Н. П., Долгих Г. В. Модифицированные модели для расчета главных напряжений в дорожных конструкциях из дискретных материалов // Строительные материалы. — 2012. — № 10. — с. 14–17.
30. Долгих, Г. В. Расчет грунтов земляного полотна по критерию безопасных давлений // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2013. — № 6 (34). — с. 43–49.
31. Александров, А. С., Долгих Г. В., Калинин А. Л. О допускаемых давлениях на грунты земляного полотна и слои дорожной одежды // Наука и техника в дорожной отрасли. — 2012. № 2. — с. 10–13.
32. Александрова, Н. П., Александров А. С., Чусов В. В. Модификация критериев прочности и условий пластичности при расчетах дорожных одежд // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2015. № 1 (41). — с. 47–54.
33. Александрова, Н. П., Александров А. С., Чусов В. В. Учет поврежденности структуры асфальтобетона в критериях прочности и условиях пластичности // В сборнике: Политранспортные системы материалы VIII Международной научно-технической конференции в рамках года науки Россия — ЕС. Новосибирск: СГУПС, 2015. — с. 219–225.
34. Семенова, Т. В., Долгих Г. В., Полугородник Б. Н. Применение Калифорнийского числа несущей способности и динамического конусного пенетрометра для оценки качества уплотнения грунта // Вестник СибАДИ, 2014, № 1 — с. 59–66.
35. Александров, А. С., Александрова Н. П., Семенова Т. В. О проектировании шероховатости дорожных покрытий и дождевой канализации по условиям безопасности движения // Автомобильная промышленность. — 2008. — № 8 — с. 36–38.
36. Александров, А. С., Александрова Н. П., Семенова Т. В. Критерии проектирования шероховатых асфальтобетонных покрытий из условия обеспечения безопасности движения // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 2009. — № 2. — с. 66–73.
37. Александров, А. С., Семенова Т. В. Обеспечение сцепных качеств асфальтобетонных покрытий городских дорог и улиц при проектировании сети дождевой канализации // Вестник Московского государственного автомобильно-дорожного университета (МАДИ) — 2009. — № 2. — с. 29–32.
38. Александрова, Н. П., Троценко Н. А. Применение измерителя жесткости грунта Geogauge для оценки качества уплотнения при операционном контроле // Вестник СибАДИ, 2014, № 3 — с. 40–47.
39. Александрова, Н. П., Семенова Т. В., Стригун К. Ю. Совершенствование методов экспресс оценки качества уплотнения грунтов земляного полотна строительства автомобильных дорог // Вестник СибАДИ. — 2015. — № 4. — с. 46–57.

40. Чусов, В. В. Применение теории накопления повреждений в условиях пластичности асфальтобетона для расчета дорожных покрытий по сопротивлению сдвигу // Молодой ученый. — 2016. — № 6 (110). — с. 221–227.
41. Lemaitre, J. A course on damage mechanics. 2nd edn. — Springer: Berlin, Heidelberg, New York, 1996. P. 247.
42. Alves, M., Yu J., Jones, N. On the elastic modulus degradation in continuum damage mechanics. Computers and Structures 2000. Vol. 76. Pp. 703–712.
43. Cordebois, J., Sidoro F. Damage induced elastic anisotropy. In: Boehler J, editor. Mechanical behaviour of anisotropic solids. London; Paris: Martinus Nijho Publishers; Editions du CNRS, 1979. Pp. 761–774.
44. Chow, C. L., Lu T. L. On evolution laws of anisotropic damage. Engineering Fracture Mechanics. 1989. Vol. 34 (3). Pp. 679–701.
45. Shen, J. et al. Material damage evaluation with measured microdefects and multiresolution numerical analysis. International Journal of Damage Mechanics. 2014, Vol. 23 (4) Pp. 537–566.
46. Lemaitre, J., Dufailly J. Damage measurements. Engineering Fracture Mechanics 1987. Vol. 28. No. 516. — Pp. 643–661.
47. Moussy, F. Microstructure, endommagement et rupture ductile. Proc. d'ete franco — canadienne (1986).
48. Bompard, D. P. Effets endommageants de la porosité sur la propagation des fissures dans le Nickel fritte. These UTC (1986).

Die Effektivität der Anwendung des kombinierten Antriebes des Gasverdichteraggregates im Gastransportsystem und im System der Erdgasspeicherung

Novikowa M. W., Aspirantin;
Rokityanskaya K. A., Kandidat der pädagogischen Wissenschaften, Dozentin
Saratower Staatlichen Agraruniversität namens N. I. Wawilov

Chrustalew W. A., Professor
Saratower staatlichen technischen Universität namens J. A. Gagarin

Die Entwicklung eines Netzes von Untergrundgasspeicher im Europäischen Teil Russlands ist eine der wichtigsten strategischen Aufgaben — sowohl für die Spitzengas (bedarfs) deckung der russischen Endverbraucher, als auch für den Export. Unter den Bedingungen der Marktbeziehungen mit den Nachbarländern, die mit Russland als Hauptlieferanten von Gas verbunden sind, unter Berücksichtigung des Spitzenbedarfs für blauen Brennstoff, löst die Ausbeutung der Untergrundgasspeicher die Probleme einer gleichmäßigeren Belastung der Erdgasfernleitung unter Berücksichtigung der ungleichmäßigen Gaseinströmung und des Gasverbrauches. Im Artikel wird die Vorgehensweise bei Bewertung der Systemwirksamkeit des kombinierten Antriebstyps im Untergrundgasspeicher, insbesondere beim multizyklischen Betrieb von Erdgasspeicher, die vom Abwaschen der Salzsichten errichtet sind, betrachtet.

Stichworte: gasverdichteraggregat, verdichterhalle, kompressorstation, arbeitsweise, untergrundgasspeicher, pipeline, einheitstransportsystem, erdgasfernleitung, atomkraftwerk, vereinigtes energiesystem, fördersystem, kurvenbild der elektrischen beanspruchung, elektrische lastkurve, betriebsmodus.

Эффективность применения комбинированного привода газоперекачивающих агрегатов в системах транспорта и хранения природного газа

Новикова Маргарита Витальевна, аспирант;
Рокитянская Капиталина Алексеевна, кандидат педагогических наук, доцент
Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова

Хрусталёв Владимир Александрович, профессор
Саратовский государственный технический университет имени Ю. А. Гагарина

Развитие сети ПХГ в Европейской части России является одной из важнейших стратегических задач — бесперебойного обеспечения поставок газа как российскому потребителю, как и экспортному. В условиях рыночных отношений с соседними странами, связанными с Россией как с крупнейшим поставщиком газа, с учетом пикового спроса на голубое топливо, эксплуатация ПХГ решает задачи более равномерной загрузки

магистрального газопровода с учетом неравномерности газопоступления и газопотребления. В статье рассматривается подход к оценке системной эффективности применения комбинированного типа привода на ПХГ, в частности, при мультициклической эксплуатации ПХГ, сооруженных вымыванием соляных пластов.

Ключевые слова: газоперекачивающий агрегат, компрессорная станция, станция подземного хранения газа, магистральный газопровод, атомная электрическая станция, объединенная энергосистема, единая газотранспортная система, график электрической нагрузки, режим работы.

Einleitung

Auf den Kompressorstationen (Verdichterhalle) der offenen Aktiengesellschaft «Gazprom» werden zurzeit mehr als 4000 Gaspumpenanlagen (GPA) verschiedener Typen betrieben. Den meisten Anteil in der Struktur des Parks der Gaspumpenanlagen haben dabei die Gasturbinenanlagen — etwa 75%. Die elektrischen Antriebsgasverdichteraggregate bilden daneben 18%, und Gasmotorkompressoren (die auf dem Gas arbeitenden Kolbenkompressoren mit dem Antrieb von Verbrennungsmotoren) — neben 5% von der Gesamtzahl der bestimmten Anlagen [1].

Eines der wichtigsten Elemente des sicheren Betriebs des Gastransportsystems sind die Stationen der Untergrundgasspeicherung, die die folgenden Funktionen erfüllen:

- die Speicherung der strategischen Vorräte des Gases;
- die Regulierung der saisonalen Bedarfsschwankungen des Erdgasverbrauches;
- die Bildung der notwendigen Vorräte des Gases unweit der Wohnorte und der industriellen Objekte für die Erhöhung der Zuverlässigkeit der Gasversorgung in der kalten Periode des Jahres und im Falle der ungeahnten extremen Situationen;
- die Schaffung der Bedingungen für die sichere Arbeit des Systems der Gasversorgung — von den Gasgewerben bis zu den Gasnetzen der Endverbraucher; die Verringerung des Bauaufwands für die Ferngasleitungen und Verdichterhallen;
- die Gewährleistung des sicheren Transits der installierten Leistungsnorm des Exportgases durch die Ferngasleitungen, was unter den Bedingungen der Marktbeziehungen besonders wichtig ist.

Die Analyse der Entwicklungstendenzen der Gasbranche im vereinigten Energiesystem

Eine der Hauptmaßnahmen der Erhöhung der Energieeffektivität und der Einsparung von Ressourcen, der Erhöhung der Zuverlässigkeit und der Umweltverträglichkeit des Gastransportsystems ist die Erweiterung der Nutzung der Antriebsgasverdichteraggregate. So wurde in der offenen Aktiengesellschaft «Gazprom» «die Konzeption der Anwendung des elektrischen Antriebs im Gasverdichteraggregat auf den Objekten „Gazprom““ aufgenommen, die in der offenen Aktiengesellschaft „Giprogazentr“ entwickelt wurde, die die Einführung der innovativen Ausrüstung für die Antriebsgasverdichteraggregate, auch auf den Stationen der Untergrundgasspeicherung [2, 3] vorsieht.

Das Vorhandensein der Spitzenlastuntergrundgasspeicher ermöglicht, die für die technologische Ausrüstung ein unerwünschtes starkes Ungleichgewicht in den Schwankungen der Gaseinströmung und des Gasverbrauches mittels Zufuhr der «Gasüberschüsse» in diesen Gasspeicher auszugleichen. Es ist bekannt, dass die Exportlieferungen des Gases an Feiertagen bis zu 10–20% bezüglich der Arbeitswoche fallen, was die stabile Arbeit der technologischen Ausrüstung der Kompressorstationen der Erdgasfernleitungen erschwert [5].

Für die Lösung der oben genannten Aufgaben, im Rahmen des vorliegenden Artikels, haben wir die Bewertung der Effektivität der Anwendung des kombinierten Antriebes (Elektro- und Gasturbinenantrieb) des Gasverdichteraggregates unter den Bedingungen der multizyklischen Arbeit von Spitzenlastuntergrundgasspeicher im allgemeinen Energiesystem vorgestellt, einschließlich die Wärmekraftwerke und Kernkraftwerke.

Einige vorhandene Erfahrungen der Nutzung des Tagesgasturbinenantriebes und des Nachtstromes für den elektrischen Antrieb auf der gleichen Gasverdichteraggregaten in Europa (wo die Tarife für die Elektroenergie nach den Stunden der Tage differenziert sind) ermöglichen auch in unseren russischen Bedingungen, den kombinierten Antrieb des Gasverdichteraggregates zu beachten. Ein solches Verfahren gestattet eine solche Weise der Energieversorgung der Kompressorstationen zu realisieren.

Einige vorhandene Erfahrungen der Nutzung des Tagesgasturbinenantriebes und des Nachtstromes für den elektrischen Antrieb auf gleichen Gasverdichteraggregaten in Europa (wo die differenzierten Stromtarife verbreitet sind) ermöglichen in unseren russischen Bedingungen den kombinierten Antrieb der Gasverdichteraggregate, zu beachten. Ein solches Verfahren gestattet eine solche Weise der Energieversorgung der Kompressorstationen zu realisieren.

Wie es aus der Abbildung 1 zu sehen ist, befinden sich viele den großen Kompressorstationen des Gastransportsystems der Russischen Föderation verhältnismäßig relativ nahe zu den Kraftstromleitungen und können schon heute kostengünstig auf den elektrischen Antrieb umgesetzt werden. Jedoch muss man bei der Lösung der Frage solcher Umsetzung berücksichtigen, dass beide Typen der Antriebe Nachteile haben. Die Nachteile des Gasturbinenantriebes sind:

- der niedrige Wirkungsgrad: 20–22%;
- die ökologische Verschmutzung der Umwelt durch Stickoxid und Kohlendioxid;
- die Abhängigkeit der Leistung und der Wirkungsgrad des Gasturbinenmotors von der Temperatur des Erdgases auf dem Eingang in die Verdichterhalle und von der Tempe-

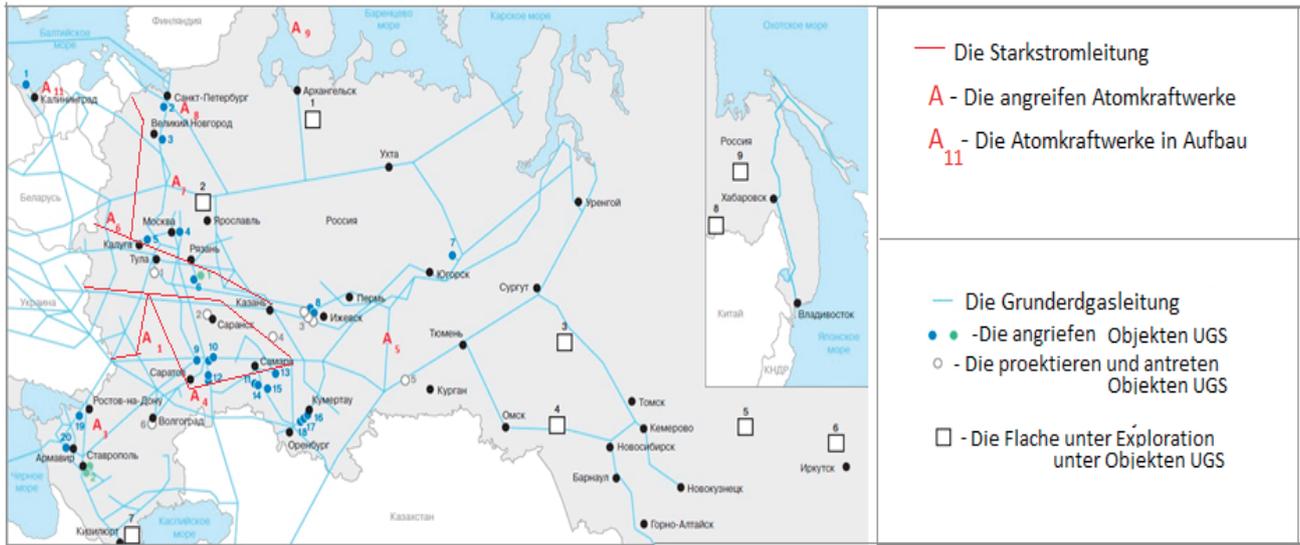


Abb.1. Die Hauptgasleitungen, Untergrundgasspeicher, Kernkraftwerke und Kraftstromleitungen-500 auf der Karte von Russland

ratur der Außenluft, die im Kompressor der Gasturbine komprimiert wird.

Die Gasverdichteraggregate mit dem elektrischen Antrieb haben eine Reihe der eigenen Nachteilen:

- die hohen Energiepreise, besonders in der Abwesenheit der regulierten Tarife in der betrachteten Region;
- Im Falle der Nutzung der nicht nach der Frequenz des Drehens regelbaren Elektromotoren wird die Anwendung der Hydrokupplung mit dem niedrigen Wirkungsgrad bei den Teilbelastungen oder die Hydrokupplung mit der besten Leistung gefordert, aber sie sind viel teuer.

Die Beschreibung der Arbeit der Kompressorstation bei der Ausstattung der Gasumwälzaggregate mit kombinierten Antrieb

Die obengenannten Nachteile kann man wesentlich durch die Verwendung des kombinierten Antriebes (Gasturbinenantrieb und Elektroantrieb) verringern, der in den Regionen mit den verschiedenen Energiepreisen besonders wirksam ist. Das prinzipielle technologische Schema der Arbeit des Transportes und der Gaskomprimierung ist unter Ausnutzung des angebotenen Antriebes auf der Abbildung 2 dargestellt. Ein obligatorisches Element solcher Schemen ist der Reversiermotor — Generator 5.

Der Block des Gasturbinenantriebes enthält den Luftkompressor 1, der durch eine Welle 8 mit der Verbrennungskammer 2 und mit der Gasturbine 3 verbunden ist, auf deren Austritt Gasabzug 10 aufgestellt ist, der die Gasturbine 3 mit dem Recyclingkessel 9 verbindet. Mit Hilfe der Kraftwelle 13 ist der Block der Gasturbinenanlage durch automatisch zentrifugalen Auslösekupplung 7 mit dem Gaskompressor 4 verbunden.

Der Block des Reversiermotors-Generators enthält einen Reversiermotor-Generator 5, der mit dem Frequenzum-

richter — für die Arbeit im Regime des Motors und mit einem Generator — für die Arbeit im Regime der Elektroenergieerzeugung — ausgestattet ist. Der Reversiermotor-Generator 5 ist durch automatische zentrifugale Auslösekupplung 7, durch die Kraftwelle 12 und die Zapfwelle 13 mit dem Gaskompressor 4 für die Arbeit im Regime des elektrischen Antriebs verbunden. Der Reversiermotor-Generator 5 verbindet sich mit dem Block der Gasturbinenanlage durch die automatische zentrifugale Auslösekupplung 7 mit der Turbokompressorwelle 8 und der Kraftwelle 12 durch das Winkelreduziergetriebe 6 für die Arbeit im Regime des Generators.

Der Block des Gaskompressors umfasst den Gaskompressor 4, der einerseits mit der Hilfe der Turbokompressorwelle 8 mit dem Block des Gasturbinenantriebes verbunden ist und andererseits mit der Hilfe der Zapfwelle 13 mit dem Block des Reversiermotors-Generators verbunden ist.

Das angebotene Arbeitsverfahren gestattet die weitere Arbeit in einigen Regimes zu verwirklichen:

1. Das Regime der Arbeit der Kompressorstation bei der Energieversorgung des Gaskompressors von der Gasturbinenanlage.
2. Das Arbeitsregime der Kompressorstation bei der Energieversorgung des Gaskompressors vom Reversiermotor-Generator, der im Regime des elektrischen Antriebs des Kompressors des Gastransportes arbeitet.
3. Das Arbeitsregime der Kompressorstation bei der Elektroenergie -erzeugung mit Hilfe der Gasturbinenanlage und des Motors — des Generators, der im Regime des Generators arbeitet.

In der Ruhestellung (Ruhestunden) eines oder mehrerer Gaskompressoren 5, die an der Kompressorstation eingestellt sind, kann die Stromerzeugung von den Blöcken der Gasturbinenanlage und des Reversiermotors-Generators verwirklicht werden. Der Reversiermotor-Generator 5, der mit Hilfe der automatischen zentrifugalen Auslösekupplung

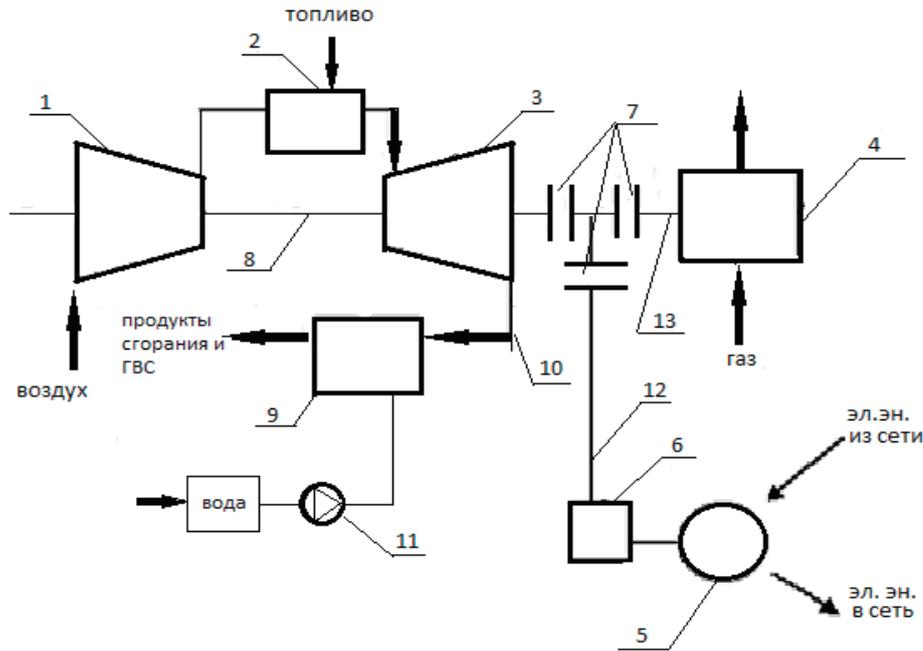


Abb. 2. Das prinzipielle technologische Schema der Gasumwälzaggregate mit dem kombinierten Antrieb.

- 1 — Luftkompressor; 2 — Brennkammer; 3 — Gasturbine; 4 — Gaskompressor; 5 — Reversiermotor-Generator; 6 — Winkelreduziergetriebe (Reduktor); 7 — automatische zentrifugale Auslösekupplung; 8 — Turbokompressorwelle; 9 — Recyclingeinheit; 10 — Gasabzug (Gaskanal); 11 — Förderpumpe; 12 — Kraftwelle; 13 — Zapfwelle

7 mit der Turbokompressorwelle 8 und mit der Kraftwelle 12 durch das Winkelreduziergetriebe 9 verbunden ist, ist dabei in der Lage, die Elektroenergie auf die Bedürfnisse der Kompressorstation oder der nahegelegenen Siedlung (und in einzelnen Fällen, die elektrische Energie ins Netz überzugeben) zu produzieren.

Die Turbokompressorwelle 8, die Kraftwelle 12 und die Zapfwelle 13 verbinden sich miteinander mit Hilfe der automatischen zentrifugalen Auslösekupplungen 7, die die axiale Beweglichkeit gestatten, wodurch verringert sich die axiale Versetzung bei den Temperaturdeformationen. Das Winkelreduziergetriebe 6 gestattet, die Zuverlässigkeit und die Arbeitseffektivität des Reversiermotors-Generators 5 durch die Senkung der Winkelgeschwindigkeiten zu erhöhen.

Der mögliche Systemeffekt

Unter den Bedingungen der Marktbeziehungen, mit dem Zweck der Kürzung der Kosten für die verwendeten Energieressourcen, können die Kompressorstationen mit dem kombinierten Antrieb — Gasturbinenantrieb und Elektroantrieb arbeiten. Tagsüber, wenn der Tarif für die konsumierte Elektroenergie hoch ist, arbeiten die Gasverdichteraggregate mit dem Gasturbinenantrieb, und zur nächtlichen Zeit des Tages, wenn die Elektroenergie den Konsumenten nach dem vorteilhaften Tarif beliefert wird, wird der elektrische Antrieb angeschlossen werden. Der Strom für das Einpumpen des Gases kann sich nach dem Ausnahmetarif aus dem Netz veranlagen, wenn die Zeit für das Einpumpen des Gases — die Nacht der Arbeitswoche, Feiertage und Wochenende ist.

Dabei gibt es und ohne Ausnahmetarif den allgemeinen Gewinn der Brennstoffaufwände im System, da der Wertpreis des Gases in der Russischen Föderation, und besonders beim Verkauf des Gases für den Export (im Äquivalent des bedingten Brennstoffes) viel höher, als den Wertpreis des nuklearen Brennstoffes ist.

Der Teil der Einkünfte, die wegen der Verdrängung des Gases aus der Wirtschaft der Russischen Föderation vergrößert sind, kann in Form von Reinvestitionen für die Entwicklung der Kernkraftwerke gerichtet sein. Es gibt kein anderes Drehbuch für die Finanzierung der Kernkraftwerke, da sie dem privaten Kapital «schwierig teuer» sind.

Aufgrund des Wachstums des Wirkungsgrades von Kernkraftwerken und durch die Zunahme des Kernwertes der Nutzung der installierten Kapazität wird die Frist der Revalorierung verringert, der «sekundäre» Effekt zur Verbesserung der Umwelt — Verringerung der Emissionen von NOX, SOX wegen des Wachstums des Anteiles der Leistung auf dem Kernkraftwerk — beobachtet.

In Bezug auf die Grundausstattung von Untergrundgaspeicher (UGS) ist es nötig, die möglichen Veränderungen nach seinem Bestand wie für einen UGS und als auch nach dem allgemeinen Komplex von UGS zu berücksichtigen. Vielleicht wird eine Anzahl von UGS vollständig auf den elektrischen Antrieb übersetzt werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Anwendung des kombinierten Typs des Antriebes den Verbrauch des Brennstoffgases verringern kann, mit seinem nachfolgenden Verkauf für den Export. Schätzungsweise, für das Kalenderjahr kann mittels der Anwendung des Elektromotors als An-

trieb von Gasverdichteraggregaten in den Nachtstunden die Gaslieferung für den Export von 1,5 bis 2% vergrößert sein, was den wesentlichen Nutzeffekt gibt. Ebenso ermöglicht die Anwendung des kombinierten Antriebes die Zuverlässigkeit der Ausrüstung der Verdichterhalle zu erhöhen. Unter Anwendung des vorliegenden technologischen Schemas der Arbeit des Gasverdichteraggregates sind die Stromerzeugung und/oder die Übertragung der Elektroenergie ins Netz auf die Bedürfnisse der Station und die anliegende Infra-

struktur möglich, dass in den Stunden des maximalen Stromverbrauchs aktuell ist. Für das allgemeine Energiesystem mit einem hohen Anteil von Kernkraftwerken ermöglicht das vorliegende technologische Schema der Arbeit die nächtliche Belastung des Kernkraftwerkes zu heben, den Ausnutzungsgrad der installierten Leistung zu erhöhen, dass sich auf die Arbeit der Hauptausrüstung des Kernkraftwerkes günstig auswirkt und gestattet, den spezifischen Kraftstoffverbrauch zu verringern.

Literatur:

1. Volkov M. M., Mikheev A. A., Konev K. A. Мануэлле Arbeitskraft die Erdgasindustrie. — М: Nedra, 1989—286 s.
2. Khandokhin V. A. Ziele und Perspektiven von UGS Netzwerk von OJSC «Gazprom» in Europa. // Gasindustrie. die Sonderausgabe/.2014.
3. Bericht der „Energieaudit Sand — Umetskoy SPHG, Balashov Gesundheitseinrichtungen und Gesundheitseinrichtungen von Petrowski» Yugtransgaz „, V.3. Energieaudit Sand — Umetskogo SPHG /// STC «Industrial Energy», 2003.
4. Das Konzept der Antrieb wird bei JSC «Gazprom» Anlagen auf Gaspumpeinheiten eingesetzt. — N — Novgorod: OJSC «Gazprom», OJSC „, Giprogaztsent „, 2003
5. Olchowskij G. G., Kazaryan V. A., Stolyarevsky A. J. Air Akkumulieren Gasturbinenkraftwerke, Moskau, 2011.

Эксплуатационные свойства смазочных масел и улучшение их присадками

Нуруллаева Зарина Валиевна, преподаватель;

Бакиева Шахноза Комиловна, преподаватель;

Суяров Матниёз Тура угли, студент

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Смазочное масло представляет собой масляную основу — базовое масло, в которую вводят присадки разного функционального назначения. Масла можно классифицировать происхождению, способу получения и по назначению.

По происхождению все смазочные масла делят на нефтяные, или минеральные, синтетические и смешанные, содержащие в своем составе нефтяной и синтетический компоненты в разных соотношениях. Кроме того, нефтяные масла можно подразделить на дистиллятные, получаемые из вакуумных дистиллятов и остаточные, получаемые из остатков перегонки нефти — гудронов. По способу получения нефтяные масла подразделяются на масла, полученные кислотнo-щелочной, кислотнo-контактной, селективной очисткой, либо гидроочисткой. В последнее время широко применяются масла гидрокрекинга. По назначению масла делятся на моторные, промышленные, трансмиссионные, компрессорные, турбинные, и другие. Моторные масла по объему производства и потребления уверенно занимают лидирующую позицию. Их производится более 55% от общего объема смазочных масел.

Вторую большую группу составляют промышленные масла; объем их выпуска около 30%. Намного меньше производится трансмиссионных масел — около 10%.

Общий объем выпуска всех остальных групп масел составляет около 5%.

Не зависимо от области применения смазочные масла выполняют следующие функции:

- уменьшают трение, возникающее между трущимися поверхностями сопряженных деталей;
- снижают износ и предотвращают задиры;
- отводят тепло от трущихся деталей;
- защищают трущиеся поверхности от коррозионного воздействия внешней среды.

Кроме того, масла должны обладать:

- оптимальными вязкостно-температурными свойствами для облегчения запуска машин и механизмов при низких температурах окружающего воздуха, для снижения износа трущихся деталей и уменьшения потерь мощности машины или механизма на трение;
- хорошими смазочными свойствами для облегчения надежной смазки на всех режимах работы объекта;
- достаточной антиокислительной стойкостью, препятствующей значительному изменению химического состава масла в процессе его работы;
- хорошими моющими свойствами с целью снижения склонности к образованию отложений на нагретых металлических поверхностях и в системе смазки;

— высокими противокоррозионными свойствами по отношению к конструкционным материалам, особенно к цветным металлам и сплавам при рабочих температурах масла;

— удовлетворительными защитными свойствами для предохранения металлов от атмосферной коррозии прежде всего в период остановки машины или механизма.

Кроме этого, смазочное масло должно обладать: низкой испаряемостью, малой пенообразующей способностью и эмульгируемостью, не должно оказывать отрицательного воздействия на уплотнительные материалы, не отличаться высокой токсичностью и не подвергаться биоповреждениям, а также не вызывать загрязнения окружающей среды, не изменять своих свойств при хранении, легко транспортироваться и перекачиваться.

Постоянное совершенствование автомобилей и их двигателей, возрастание мощности, частоты вращения и нагрузок на узлы и агрегаты требует новых, более качественных смазочных масел. Поэтому ведутся поиски новых материалов.

Перспективы развития смазочных масел можно ориентировочно разделить на три направления:

- синтетические масла;
- твёрдые смазочные материалы (покрытия);
- добавки к смазочным маслам.

Для обеспечения оптимальных условий работы мощных и высокооборотных современных двигателей внутреннего сгорания требуются высококачественные смазочные масла. Такие масла могут быть получены из нефти в весьма незначительных количествах или же их получение вообще невозможно. Для придания всего необходимого комплекса эксплуатационных свойств в масла добавляют присадки, которые улучшают один или несколько показателей качества. Присадки, улучшающие сразу несколько показателей качества называют комплексными или многофункциональными. Смазочные свойства моторных масел имеют большое значение для нормальной работы кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов двигателя. В цилиндропоршневой группе, где возникают наибольшие силы трения, высокие смазочные свойства масел во многом определяют ресурс двигателя до его капитального ремонта. Не меньшее значение имеет постоянное наличие надежной масляной пленки в зоне контакта опорных и шатунных шеек коленчатого вала с подшипниками скольжения. Одним из наиболее экономически выгодных путей увеличения долговечности узлов трения является повышение качества смазочных материалов, в первую очередь смазывающей способности, достигаемое в основном путем введения в них противозносных, противозадирных и антифрикционных присадок и добавок.

Антифрикционные свойства — характеристика смазывающей способности. Эти свойства заключаются в способности смазочного материала уменьшать затраты энергии на трение. Основным показателем антифрикционных свойств жидких смазочных материалов является

вязкость. Величина вязкости смазочного масла всецело определяется его групповым углеводородным и фракционным составом.

Противозносные свойства — характеристика смазывающей способности. Эти свойства заключаются в способности смазочных материалов снижать процесс изнашивания трущихся деталей за счет образования на них граничного слоя, препятствующего непосредственному контакту трущихся поверхностей. Изнашивание деталей происходит в результате отделений материала с поверхности твердого тела при трении и накопления остаточной деформации с постепенным изменением размеров и форм тела. Изнашивание деталей происходит в результате механического, абразивного, гидроабразивного, коррозионно-механического и окислительного воздействия на трущиеся поверхности.

Противозадирные свойства — характеристика смазывающей способности. Эти свойства заключаются в способности смазочного материала предотвращать повреждение трущихся поверхностей в направлении скольжения в виде широких и глубоких борозд, которое называется задиром. Задир может произойти в результате процессов схватывания или заедания поверхностей при трении. Схватывание — явление местного соединения двух твердых тел, происходящее при трении вследствие молекулярных сил.

Противозносные, противозадирные и антифрикционные присадки и добавки.

По механизму действия данные присадки можно условно разделить на две группы: поверхностно-активные вещества, адсорбирующиеся на рабочих поверхностях деталей и образующие ориентированную структуру (физическая адсорбция) химически активные вещества, при действии которых на поверхности металла образуются новые соединения (хемо-сорбция).

Присадки первой группы придают новые свойства смазочным пленкам, которые приобретают способность в большей мере сопротивляться выдавливанию, чем смазочные пленки, образованные маслами без присадок. Присадки, работающие по принципу физической адсорбции, обычно увеличивают «маслянистость», то есть способность понижать трение в большей мере, чем это следует из значения вязкости масла. В тяжелых условиях работы, когда износ может принимать катастрофический характер, основной целью использования присадок является предотвращение задира трущихся пар.

Присадки второй группы в результате химической адсорбции образуют на трущихся поверхностях тонкий слой продуктов взаимодействия (вторичных структур), механические свойства которых существенно отличаются от механических свойств металла деталей.

Накопленные знания и опыт изучения механизма действия присадок, в производстве и применении присадок и добавок в маслах, в создании композиций и пакетов присадок в настоящее время в известной степени остаются невостребованными в связи с общим спадом производ-

ства, наводнением рынка импортными маслами и присадками. Заводы, производящие масла и присадки, добавки начинают постепенно приобретать интерес к созданию масел и пакетов на основе отечественных присадок, по-

скольку масла высших групп, которые можно изготавливать с импортными пакетами присадок, не находят сбыта из-за несоответствия отечественной техники уровню, достигнутому ведущими странами мира.

Литература:

1. А.Д. Макаров. Нефтегазовое товароведение. Москва — 2006.
2. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник / И.Г. Анисимов, К.М. Бадыштова, С.А. Бнатов и др. /Под ред. В.М. Школьников. М.: Изд. центр «Техинформ», 1999. — 596 с.
3. Гнатченко, И.И. и др. Автомобильные масла, смазки, присадки: Справочное пособие. — М.: ООО «Издательство АСТ»; СПб.: ООО «Издательство «Полигон», 2000. — 360 с.
4. Синельников, А.С., Балабанов В.И. Автомобильные масла. Краткий справочник. — М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2005. — 176 с.

Преимущества и недостатки способов получения высокооктанового бензина

Нуруллаева Зарина Валиевна, преподаватель;

Бакиева Шахноза Комиловна, преподаватель;

Суяров Матниёз Тура угли, студент

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В процессах нефтепереработки образуется большое количество газообразных при нормальных условиях смесей парафинов и олефинов. Указанные смеси могут быть утилизированы различными способами. Одно из направлений решения проблемы утилизации указанных смесей олефинсодержащих газов — получение из олефинов компонентов моторных топлив. Обзор современных литературных источников показал, что эффективность любого нефтехимического процесса определяется особенностями промышленного оформления процесса, типом используемого катализатора и его активностью, определяющейся способом регенерации.

Наиболее разработанными с точки зрения моделирования являются процессы алкилирования изобутана бутиленами, а также процессы алкилирования бензола высшими и низшими олефинами на твердых катализаторах. Работа в условиях равенства скоростей реакций коксообразования и гидрирования, которые в промышленных условиях регулируются температурой, расходом сырья и рециркулирующего водородсодержащего газа, позволяет существенно продлить срок межрегенерационного пробега катализаторов риформинга.

Известен способ переработки легкого олефинсодержащего топливного газа и жидких продуктов каталитического риформинга в реакторе с псевдооживленным слоем цеолитного катализатора, включающий превращение C_4 -олефинов в углеводороды бензиновой фракции C_{5+} и конверсию ароматических углеводородов C_6-C_8 в ароматические углеводороды C_7-C_{11} при контакте сырья с частицами катализатора, характеризующимися опре-

деленной плотностью и определенными размерами, в условиях турбулентного слоя. Полученный в таком процессе бензин имеет более высокие октановые характеристики, чем жидкие продукты риформинга и олефинсодержащий бензин, который получают из олефинов сырья путем их олигомеризации. Турбулентный режим в слое катализатора позволяет гибко контролировать температуру реакции и получать оптимальное распределение продуктов.

Реакции олигомеризации олефинов, в том числе, пропилена, под действием кислотных катализаторов, в частности фосфорноокислотных, промышленное оформление нашли только в 40-е годы прошлого столетия в частности для производства компонентов автомобильного бензина с использованием в качестве сырья олефинов, содержащихся в газах каталитического и термического крекинга. В качестве катализаторов были предложены брэнстедовские кислоты и металлоорганические гомогенные катализаторы. Кислые катализаторы представлены, как правило, фосфорной кислотой, например, так называемой «твердой фосфорной кислотой», которая нашла наибольшее распространение в мире. Этот катализатор представляет собой продукт смешения тонкодисперсного кремнийсодержащего носителя (кисельгур) фосфорными кислотами, сформованный в гранулы и прокаленный при температуре 300–400 °С. Недостатком использования жидких кислотных катализаторов является высокая коррозионная агрессивность, а также сложность их рекуперации из реакционных смесей. Также недостатком известных способов димеризации и олигомеризации трет-алкенов в присутствии твердых кислых ката-

лизаторов, в частности катализатора фосфорная кислота на твердом носителе, является необходимость поддержания высокой температуры 120–160°C и относительная высокая селективность образования димеров изобутена (обычно до 70%) и значительное образование тримеров и олигомеров (> 30%). При этом фосфорная кислота частично уносится с катализатора, что вызывает коррозию оборудования и необходимость регенерации катализатора. Недостатками его являются разбухание и разрушение его под воздействием реакционной среды, преимущественно, температуры и воды, присутствующей в сырье.

Наиболее близким аналогом предлагаемого способа получения высокооктанового бензина является способ повышения выхода углеводородов бензиновой фракции C₅₊ при олигомеризации низших олефинов. При реализации указанного способа олигомеризацию олефинсодержащих углеводородных фракций C₃ и C₄ в бензиновые углеводороды осуществляют при контакте сырья с катализатором олигомеризации, содержащим цеолит группы пентасилов с рециклом части потока углеводородов C₁-

C₄, выделенных из частично сконденсированного продукта при его парожидкостной сепарации, и части выделенной из продукта методом ректификации фракции C₄.

С переходом от ППФ на концентрированный пропилен требования к термостойкости катализатора стали более жесткими, поэтому был предложен новый катализатор, в котором в качестве носителя использовался силикагель. Этот катализатор носит название «ПФК на силикагеле» и представляет собой гранулы 3–7 мм в диаметре, общее содержание P₂O₅ 55–60% масс., свободного P₂O₅ 10–18% масс., воды 4–8% масс. Данный катализатор обладает стабильной активностью, высокой механической прочностью, не корродирует оборудование при соблюдении оптимальных условий работы реактора. Оптимальными условиями являются температура 165–175 °С, давление 5–6 МПа, объемная скорость подачи жидкого пропилена 3–4 ч⁻¹, содержание влаги в сырье 0,03–0,07%. Унос кислоты имеет место лишь при нарушениях режима работы — избытка влаги в сырье, резких изменениях скорости подачи сырья и давления в реакторе.

Таблица

Сырье	ЭЭФ	ЭЭФ и фракция продукта риформинга	ППФ	ППФ и фракция продукта риформинга	ББФ	ББФ и фракция продукта риформинга
Катализатор	1	1	2	2	3	3
Температура, °С	380	380	360	360	340	340
Давление, МПа	1,8	1,8	1,8	1,8	1,5	1,5
Время контакта, 10 ⁻² сек	0,51	0,51	0,57	0,57	0,74	0,74
Олефин/бензол, моль/моль		0,5		4,5		1,5
Выход углеводородов, % м. на превращенные олефины:						
C ₁ + C ₂	11,5	1,9	10,3	1,2	5,4	1,1
C ₃ + C ₄	10,8	12,5	3,9	3,3	3,6	2,9
бензиновая фракция C ₅₊	77,7	85,6	86,8	95,5	91,0	98,3
Конверсия бензола, мас. %		18,3		31,3		25,4

В таблице приведены выходы продуктов превращения олефинсодержащих фракций и их смесей с бензольной фракцией продукта риформинга, выкипающей до 85°C, при одинаковом времени контакта сырья с катализатором. Состав использованного сырья следующий: этан-этиленовая фракция /ЭЭФ/ — C₂H₄ 51,2% м., C₂H₆ 48,8% м.; пропан-пропиленовая фракция /ППФ/ — C₃H₆-

51,6% м., C₃H₈ 29,2% м., C₄H₁₀ 19,2% м.; бутан-бутиленовая фракция /ББФ/ — C₄H₈ 39,6% м., n-C₄H₁₀ 8,4% м., iso-C₄H₁₀ 51,0% м., C₃H₈+C₃H₆ 1,0% м.

В предложенном способе получения высокооктанового бензина в стационарном слое цеолитсодержащего катализатора улучшаются показатели превращения олефинсодержащего сырья при известном улучшении

качества жидких продуктов каталитического риформинга.

В настоящее время алкилат становится важнейшим компонентом экологически чистых бензинов. Алкилат — идеальный компонент бензина, поскольку имеет высокие октановые числа по исследовательскому и моторному методам, низкое давление насыщенных паров, не содержит ароматических соединений олефинов и серы. Алкилирование — это не только процесс повышения октановых характеристик бензина при снижении в нем ароматических углеводородов, но и процесс снижения его испаряемости. Высокое давление насыщенных паров фракций C_4 — C_5 исключает возможность увеличения их использования в товарном бензине, поэтому процесс алкилирования, позволяющий снижать давление насыщенных паров и одновременно увеличивать значение октанового числа продукта по моторному методу, имеет исключительно важное значение для производства современных автомобильных бензинов.

Получение товарного бензина с высоким моторным октановым числом путем замены бензола и других ароматических углеводородов в бензине на алкилат позволяет в более мягких условиях осуществлять процесс каталитического риформинга. При снижении жесткости процесса каталити-

ческого риформинга увеличивается срок службы катализатора и период работы установки между его регенерациями, повышается выход катализата с пониженным содержанием ароматических углеводородов, улучшается качество получаемого водорода для установок гидроочистки.

Как показывает зарубежный опыт, использование и спиртовых компонентов в автомобильных бензинах является перспективным не только в плане сохранения нефтяных ресурсов, но и улучшения экологических свойств моторных топлив. Количество вводимых спиртов позволяет снизить на ту же величину концентрацию нежелательных ароматических углеводородов и содержание оксида углерода в отработавших газах автомобилей. Качество автомобильных бензинов можно гарантировать только в случае строгого соблюдения технологии их производства, квалифицированного контроля качества и ответственности его техническим требованиям, а также соблюдения необходимых условий транспортирования и хранения.

В перспективе качество автомобильных бензинов будет определяться изменением структуры НПЗ в сторону строительства установок вторичных процессов, в первую очередь алкилирование и изомеризации, что приведет к кардинальному изменению компонентного состава бензинов.

Литература:

1. «Новые процессы органического синтеза»/Б. Р. Серебряков, Р. М. Масагутов, В. Г. Правдин и др.; Под ред. С. П. Черных. — М.: Химия, 1989. — 400 с.
2. Н. Н. Лебедев «Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза: уч. для вузов, 4-е изд., — М.: Химия, 1988. — 592 с.
3. С. В. Адельсон, Т. П. Вишнякова, Я. М. Паушкин. Технология нефтехимического синтеза. Изд. 2-е, Химия, М. 1985, 608 стр.
4. Высшие олефины. Производство и применение. Под ред. М. А. Далина. Химия, Л. 1984, 264 стр.
5. Кашин О. Н. Проблемы производства высококачественных бензинов и дизельных топлив / О. Н. Кашин, А. Д. Ермоленко, Т. Г. Фирсова, М. Г. Рудин // Нефтепереработка и нефтехимия. — 2005. — № 5. — С. 31–37.

Технологии прогрева бетона в зимнее время

Остаркова Олеся Александровна, магистрант
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Данная статья посвящена описанию и обзору технологии электропрогрева бетона с помощью электрических кабелей в зимнее время.

Ключевые слова: зимнее бетонирование; греющий провод; электропрогрев бетона; набор прочности; монолитные конструкции.

Keywords: cold-weather concreting; electrical thread; electrical curing; strength set; monolithic construction.

Одной из проблем монолитного строительства является бетонирование в зимнее время. Проблема связана с набором необходимой проектной прочности при отрицательных температурах окружающей среды. Рос-

сийский климат диктует свои условия при проведении бетонирования, увеличивая сроки схватывания раствора и удлинения цикла строительно-монтажных работ в осенне-весенний и зимний периоды. Основные постулаты

современной технологии проведения бетонных работ в зимний период сформулированы еще в советское время и позволили накопить серьезные практические сведения о преимуществах и недостатках тех или иных технологических операций по прогреву бетона. В настоящее время развитие направлено на усовершенствование свойств присадочных добавок при применении уже ранее сформировавшихся основных принципов.

Актуальность статьи обусловлена климатическими условиями строительства на большей части территории России и наличием большого количества методов по прогреву бетона, влияющих на свойства получаемого материала, остаются актуальными [1].

При отрицательной температуре содержащая в бетонном растворе свободная вода переходит в другое агрегатное состояние, образуются кристаллы льда довольно большого объема, вызывающие повышение порового давления в цементе, и, как следствие — разрушение структуры не затвердевшего бетона и значительное снижение его конечной прочности, особо опасное непосредственно в период схватывания.

Для нивелирования воздействия низких окружающих температур и повышения прочности бетона важнейшее значение имеет оптимальный температурный режим, необходимый для поддержания в период его твердения. Поэтому при бетонировании монолитных конструкций в зимний период, требуется поддерживать необходимые влажностно-температурные условия, позволяющие набрать необходимую прочность конструкции в кратчайшие сроки.

В зависимости от различных факторов (наружная температура воздуха, тип конструкции, экономическая обоснованность применения и т.д.) на практике применяются виды бетонирования в зимний период:

- термос или термос с противоморозными добавками;
- обогрев в греющей опалубке;
- прогрев электродами;
- инфракрасный или индукционный обогрев;
- обогрев нагревательными проводами.

Рассмотрим вышеперечисленные способы чуть более подробно:

1. Термос или термос с противоморозными добавками

Метод термоса, наиболее простой и экономичный, нашел широкое распространение при бетонировании самых различных конструкций.

Сущность выдерживания бетона по методу термоса состоит в следующем: доставленную на площадку бетонную смесь температурой 25...45°C укладывают в опалубку. Сразу после окончания бетонирования все открытые поверхности конструкции укрывают слоем теплоизоляционного материала. Изолированный от холодного воздуха бетон твердеет за счет тепла, внесенного в бетонную смесь при ее приготовлении, а также тепла, выделяемого в процессе экзотермической реакции твердения цементного теста.

Не все конструкции можно выдерживать методом термоса. Более всего он подходит для массивных конструкций с относительно небольшой площадью охлаждения.

Зимой эффективней применять высокоактивные быстротвердеющие цементы, а также вводить в обычные цементы химические добавки — ускорители твердения.

В качестве утеплителей применяют доски с прокладкой толя, доски и фанеру с прокладкой пенопласта, картон, опилки, шлаковату и др. Предпочтение отдают тюфякам, покрытым с двух сторон непродуваемым, водоотталкивающим материалом.

Конструкции, имеющие сечения различной толщины, тонкие элементы, углы и другие быстро остывающие части, следует утеплять особенно тщательно.

2. Обогрев в греющей опалубке

Обогрев с помощью термоактивной (греющей) опалубки, состоящей из многослойных утепленных щитов, оснащенных нагревательными элементами основан на принципе передачи тепла от опалубки в поверхностный слой бетона, а затем распространяется по всей его толщине. Обогрев бетона таким способом не зависит от температуры наружного воздуха. Греющую опалубку применяют при возведении тонкостенных и среднемаассивных конструкций, а также при замоноличивании стыков и швов при температуре наружного воздуха до — 40°C.

Конструкции греющей опалубки многообразны. Основное требование, предъявляемое к ним — равномерность распределения температуры по опалубке щита.

В качестве нагревательных элементов применяют трубчатые электронагреватели (ТЭНы), греющие провода и кабели, гибкие тканевые ленты, а также нагреватели, изготовленные из нихромовой проволоки, композиции полимерных материалов с графитом (углеродные ленточные нагреватели) и токопроводящими элементами и др.

Размещают нагреватели на щите опалубки в зависимости от режимов обогрева и мощности: греющие провода и кабели устанавливают вплотную к палубе, ТЭНы — на небольшом расстоянии от нее.

Перед бетонированием прогревают арматуру и ранее уложенный бетон. Для этого на непродолжительное время включают термоактивную опалубку, предварительно укрыв сверху блок бетонирования брезентом или полиэтиленовой пленкой.

3. Прогрев бетона электродами

Суть прогрева бетона электродами состоит в использовании электродов, представляющих собой отрезки арматуры или проволоки катанки 8—10 мм. Прогрев бетона происходит за негревания бетона при пропускании электрического тока по влаге в растворе. На электроды подают три фазы с понижающего трансформатора. При прогреве колонны достаточно воткнуть один электрод, прогрев будет осуществляться за счет фазы трансформатора и земли от арматуры колонны.

Электродный прогрев удобен для заливки вертикали (колон, стен, диафрагм). После заливки необходимой конструкции в неё монтируются металлические стержни, являющиеся проводниками, на которые подается пониженное напряжение с понижающего трансформатора.

Интервал между электродами, в зависимости от погоды, может быть разный от 0,6—1 метра.

Преимуществами электродного метода являются простота использования и быстрый монтаж системы прогрева.

Среди недостатков можно выделить большие энергозатраты, т.е. высокая стоимость прогрева. Также добавляются затраты на закупку арматуры или проволоки катанки, т.к. они являются одноразовыми и остаются в теле бетона [2].

Используемые электроды для электропрогрева:

— Стержневые электроды. Они изготавливаются из арматуры (6—12мм диаметра) и располагают их в теле бетона с расчетным шагом. Данные электроды позволяют прогревать конструкции самой сложной формы.

— Пластинчатые электроды навешиваются на внутреннюю сторону опалубки и в результате подключения противоположных пластинчатых электродов к разным фазам, в бетонной смеси образуется электрическое поле, под воздействием которого масса разогревается до требуемой температуры и его теплота поддерживается необходимое время.

— Струнные электроды, как правило, применяются для прогрева бетона колон.

— Полосовые электроды можно располагать как с одной стороны конструкции, так и с двух сторон.

4. Инфракрасный или индукционный обогрев;

Источником инфракрасных (тепловых) лучей служат ТЭНы (трубчатые электронагреватели) мощностью 0,6...1,2 кВт с рабочим напряжением 127, 220 и 380 В, керамические стержневые излучатели диаметром 6...50 мм, мощностью 1...10 кВт, кварцевые трубчатые излучатели и другие средства.

Для создания направленного потока инфракрасных лучей применяют отражатели параболического, сферического и трапецеидального типа. Инфракрасные установки в комплекте с отражателями и поддерживающими устройствами используют для прогрева конструкций, возводимых в скользящей опалубке, тонкостенных элементов стен, подготовке под полы, плитных конструкций, стыков крупнопанельных зданий.

При обогреве плитных конструкций используют излучатели с отражателями коробчатого типа, которые или устанавливают на бетонную поверхность, или подвешивают на расстоянии от нее. Чтобы предотвратить быстрое испарение влаги, поверхность бетона покрывают пленкой.

При возведении стен в щитовой и объемно — переставной опалубке применяют односторонний обогрев излучателями сферического типа. Для обеспечения прогрева всей плоскости стены отражатели располагают на разных уровнях на телескопических стойках и на расчетном расстоянии от стены.

Инфракрасные установки располагают на таком расстоянии друг от друга, чтобы прогревалась вся поверхность бетона. Инфракрасный обогрев обеспечивает хо-

рошее качество термообработки бетона при условии соблюдения теплового режима выдерживания бетона.

Преимущества — высокая эффективность метода, простота использования, малые энергозатраты. Недостатки — высокая стоимость инфракрасной установки, что невыгодно при больших объемах бетонирования

5. Прогрев нагревательными проводами

Сегодня технология прогрева бетона нагревательными проводами, освоена и широко применяется на практике многими крупнейшими отечественными и зарубежными строительными фирмами. Следует отметить, что при строительстве многих масштабных объектов на территории РФ, использовался в зимний период стройки именно этот способ.

Метод прогрева нагревательными проводами заключается в закреплении на арматурном каркасе провода нагревательного определенной длины непосредственно перед укладкой массы в опалубку. При данном способе подогрева в большинстве случаев используется провод ПНСВ 1,2. Он представляет собой токопроводящую жилу с изоляционным покрытием из поливинилхлорида или полиэстера (благодаря хорошей изоляции не происходит возгорание). А также у него минимальна вероятность перегибов или переломов внутренних жилок [3].

Выделяемая теплота такими проводами, при прохождении по ним тока, передается бетону и равномерно распределяется в нем путем теплопроводности, что и позволяет разогреть бетон до +40С — +50С. Электропитание проводов ПНСВ осуществляется через подстанции типа КТП-63/ОБ или КТП ТО — 80/86, имеющие несколько ступеней пониженного напряжения. Одной такой подстанцией можно обогреть до 20—30м³ бетона. Для подогрева 1м³ требуется приблизительно 60м провода нагревательного марки ПНСВ-1,2. Метод обогрева при помощи нагревательных проводов позволяет обогревать любой конструкции сложности при температуре воздуха до —30С [4].

Укладка провода для прогрева бетона является крайне ответственной процедурой, требующая пристального контроля. В упрощенном виде порядок выполнения работ имеет вид:

1. Поверхность будущего пола зачищается от строительного мусора, который может повредить изоляционную обмотку кабеля;

2. В процессе укладки кабель должен быть уложен без перегибов для недопущения переломов токопроводящих жил. Наиболее распространенным является способ «змейка».

3. В период пуска и эксплуатации необходимо минимизировать вероятность перепадов напряжения, иначе провод перегорит и его демонтаж будет невозможен.

4. После этого нагревательный кабель подводится к источнику питания и подключается к сети по схеме «звезда» или «треугольник».

Инструкция по прогреву:

1. Первый отрезок времени — бетон разогревается, при этом скорость должна быть не выше 10 градусов по Цельсию за 2 часа времени;

2. Нагрев по изотерме, это самый важный период, здесь нужно следить за тем, чтобы температура не достигла 80 градусов;

3. Последний — период остывания. Скорость остывания нагретого бетона должна быть не выше 5 градусов в час.

Несмотря на проработанность данного метода, разработки и научные исследования не прекращаются. Производится сравнительная характеристика различных греющих проводов, различных материалов в токопроводящих жилах, режимах прогрева и т.п. Это связано с появлением новых программных комплексов, способных достаточно точно смоделировать весь процесс прогрева с рассмотрением температурных кривых и выбора наиболее оптимальных режимов.

Литература:

1. А. Б. Вальт, А. А. Овчинников. Способы термообработки бетона при возведении монолитных конструкций // Известия КГТУ. — 2008. — № 13. — с. стр. 109–112.
2. Т. А. Краснова, Т. А. Затворницкая, С. И. Усков, Д. А. Игнатъев, Б. Г. Носкин. Круглый стол: Зимнее бетонирование — продолжение сезона // Технологии бетонов. — 2012. — С.стр. 11-12.
3. М. О. Дудин, Н. И. Ватин, Ю. Г. Барабанщиков. Моделирование набора прочности бетона в программе ELCUT при прогреве монолитных конструкций проводом // Magazine of Civil Engineering. — 2015. — № 2. — С.стр. 33–45.
4. М. О. Дудин, Ю. Г. Барабанщиков. Специфика монтажа электрического провода в технологии прогрева бетона // Строительство уникальных зданий и сооружений. — 2015. — № 9. — С.стр. 47–61.

Заключение

В заключении хотелось бы отметить, что наиболее распространенным методом является комбинация методов обогрева. Целесообразность применения того или иного метода обогрева или же их комбинации зависит от таких факторов, как массивность конструкции, требуемой прочности, от метеорологических условий, а также от наличия энергоресурсов на строительной площадке.

Только набравший определенную прочность бетон, может отлично противостоять действию разрушительных «морозных сил» без малейшего разрушения его структуры, что и позволяет ему после оттаивания продолжить набор прочности.

Проблемы качества перевозки пассажиров в условиях городской агломерации

Приходько Андрей Сергеевич, студент;
Федотов Сергей Андреевич, студент
Волгоградский государственный технический университет

В статье проведен анализ качества перевозки пассажиров автобусами в пригородном сообщении на примере Волгоградской агломерации, приведены рекомендации по оптимизации количества рейсов на маршруте в зависимости от пассажиропотока и сохранению необходимого уровня транспортного обслуживания населения.

Ключевые слова: пассажирские перевозки, автомобильный транспорт, пригородное сообщение, городская агломерация, инфраструктура.

Основными сдерживающими факторами развития городской социальной среды являются: неудовлетворительное состояние транспортной инфраструктуры и высокая неравномерность транспортных потоков в течение дня. Наиболее остро последняя проблема наблюдается в условиях городских агломераций.

В связи с этим необходимо выделить ряд особенностей, которые присущи транспортным системам такого рода городских образований.

В первую очередь, следует отметить, что уровень развития производства и мест занятости населения не является равномерным, и, как правило, специфика режимов движения заключается в том, что пассажиропотоки в утренние часы значительно больше по величине из пе-

риферийных районов к центру, чем в обратном направлении. В вечерние часы пик ситуация качественно меняется [1, с. 137].

Можно отметить также, что, на транспорте, как и в других сферах материального производства, имеет место конфликт интересов частных и муниципальных предприятий, серьезным образом данное обстоятельство раскрывается при перевозке пассажиров в пригородном сообщении.

Выделим проблемы качества перевозки пассажиров автомобильным транспортом на примере Волгоградской агломерации, которая входит в десятку крупнейших городских образований России [2, с. 50]. В качестве частного примера, рассмотрим проблематику пригородных

пассажирских перевозок между городом-ядром и городом-спутником (Волгоградом и Волжским). Распреде-

ление пассажиропотоков по разными типами общественного транспорта представлено на рисунке 1.



Рис. 1. Распределение пассажиропотоков в городе Волжском за 2015 год

За последние годы, в связи с появлением на рынке транспортных услуг частных перевозчиков, маршрутная сеть претерпела ряд существенных изменений. К ним в первую очередь можно отнести создание новых маршрутов и появление на существующих автобусных маршрутах микроавтобусов, работающих в режиме маршрутного такси. Но эти изменения не лучшим образом сказываются на функционировании муниципальных предприятий. В связи с предпочтением населения коммерческого транспорта, предприятие вынуждено сокращать количество автобусов на маршрутах и закрывать некоторые из них. На рисунке 2 представлена тенденция сокращения пригородных автобусных маршрутов в г. Волжском.

Основным показателем качества работы пассажирского транспорта для населения является небольшое время ожидания подвижного состава. Сообщение между Волгоградом и Волжским в основном осуществляется с помощью автомобильного транспорта. Количество транспортных операторов незначительное, перевозки убыточны, поэтому общественный транспорт управляется администрацией муниципального образования, задача которой — обеспечить равновесие между потерями времени пассажиров и ущербом от работы транспорта в городской среде. Представим упрощённую модель оптимизации городского пассажирского транспорта на одном маршруте и обобщённую модель для маршрутной сети [3, с. 58].

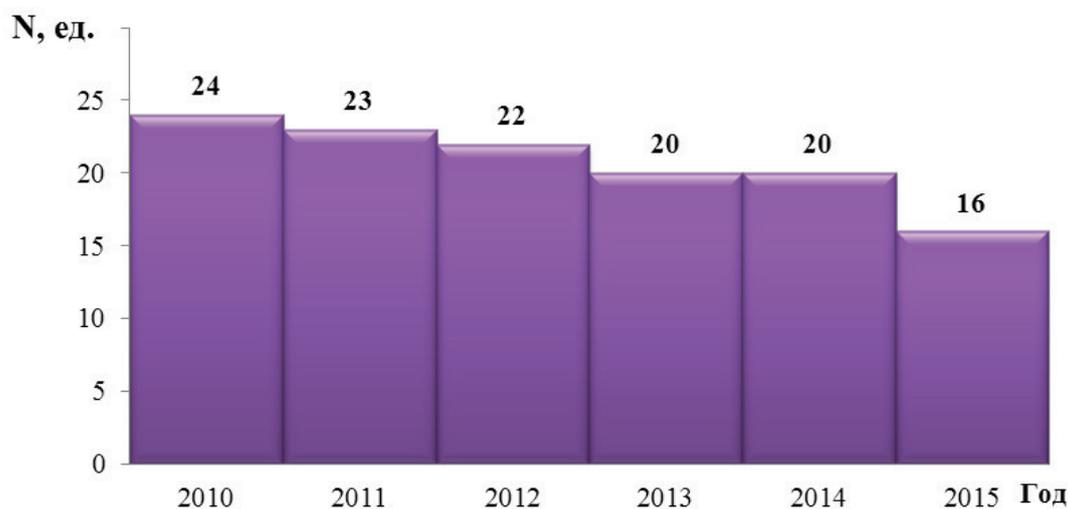


Рис. 2. Изменения количества пригородных маршрутов г. Волжского по годам

$$f'(\mu) = -\gamma \left(\frac{\lambda}{\mu^2} + \sum_{i=1}^R \frac{\lambda_i}{(\mu + \mu_i)^2} \right) + \delta = 0, \quad (1)$$

$$\mu = \sqrt{\frac{\lambda \gamma}{\delta}} \quad (2)$$

где γ — стоимость единицы времени пассажира (пассажиро-час), потерянной пассажиром в ожидании транспорта на остановочном пункте; λ — интенсивность потока пассажиров, перевозимого транспортными средствами только одного маршрута; λ_i — интенсивность i -го потока пассажиров, перевозимого в том числе и транспортными средствами только одного маршрута; μ — оптимальная интенсивность пуассоновского потока движения транспортных средств по данному маршруту; μ_i — суммарная интенсивность пуассоновских потоков, конкурирующих транспортных средств за i -й поток пассажиров; δ — ущерб городской среде от одного рейса на данном маршруте.

Обратим внимание на важную особенность вышеуказанной модели (1) на примере маршрута Волжский (пл. Ленина) — Волгоград (пл. Ленина). На данном направлении действует только один муниципальный маршрут. При отсутствии конкурентов данная формула принимает такой вид:

Пассажиропоток на маршруте в час пик (рисунок 3, точка 1) составляет 400 человек в час, ущерб от одного рейса городской среде — 200 руб., средняя стоимость пассажира-часа — 50 руб. Тогда, используя формулу (2), получаем оптимальное количество рейсов равное 10, а среднее время ожидания одного пассажира в таком случае составляет 6 мин.

Особенностью пригородных маршрутов является то, что пассажиропоток в часы-пик, то есть утром и вечером, в разы больше чем в остальное время. В связи с этим транспортному оператору, чтобы сохранить рентабельность перевозок, необходимо пропорционально сократить количество рейсов. В данном случае пассажиропоток сокращается в 4 раза (рисунок 3, точка 2). Для этого следует уменьшить количество рейсов в два раза до 5. В таком случае время ожидания возрастет лишь до 12 мин, а потери пассажиропотока составят 20 ч, при этом количество пассажиров, перевезенное за 1 рейс, упадет с 40 до 20.

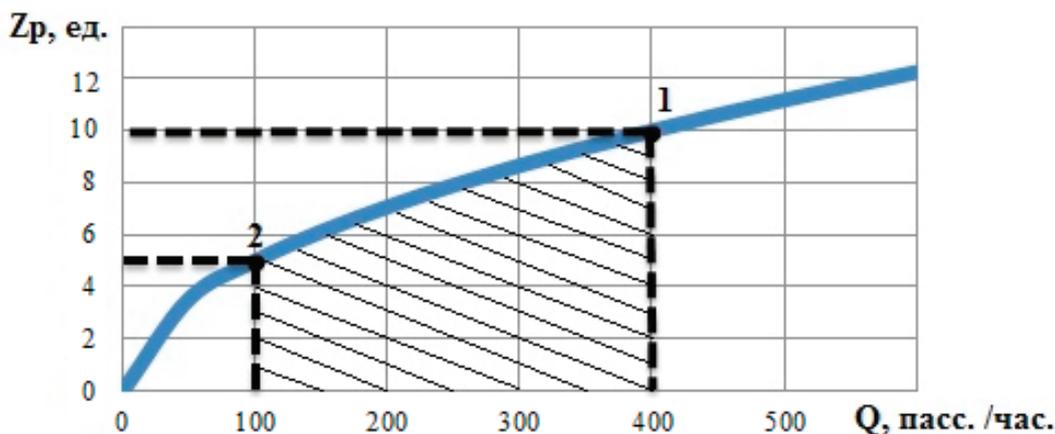


Рис. 3. Зависимость количества рейсов на маршруте от пассажиропотока за час

Как видно из графика (рисунок 3), между интенсивностью пассажиропотока и количеством рейсов зависимость не является линейной. Поэтому, при сокращении количества рейсов с 10 до 5 (заштрихованная область), количество перевезенных пассажиров сократится в 4 раза, при этом время ожидания транспорта сильно возрастет, что серьезно снизит качество обслуживания пассажиров. Данный пример наглядно показывает, что, даже при малом пассажиропотоке необходимо сохранять минимальное количество оборотных рейсов.

В определенной мере качественный уровень транспортного обслуживания отражают показатели транспортной обеспеченности и доступности населения. Уровень транспортной обеспеченности в пригородном сообщении оценивается числом предоставляемых пассажирских мест — км на 1000 жителей [4, с. 284]:

$$Y_{то} = \frac{\sum_{i=1}^n z_{pi} \cdot l_{mi} \cdot q_i}{K_{жс}} \quad (3)$$

где n — число маршрутов в пригородном сообщении (ед.); z_{pi} — среднесуточное количество оборотных рейсов на i -м маршруте; l_{mi} — протяженность i -го маршрута (км); q_i — средняя вместимость автобуса на i -м маршруте (пасс.); $K_{жс}$ — общая численность населения обслуживаемого района (чел.).

Эти показатели зависят от развития инфраструктуры в регионе, но это требует принятия инвестиционных решений, реконструкции действующих или строительства новых транспортных линий. Поэтому, проще добиться повышения уровня транспортной обеспеченности увеличением количества оборотных рейсов.

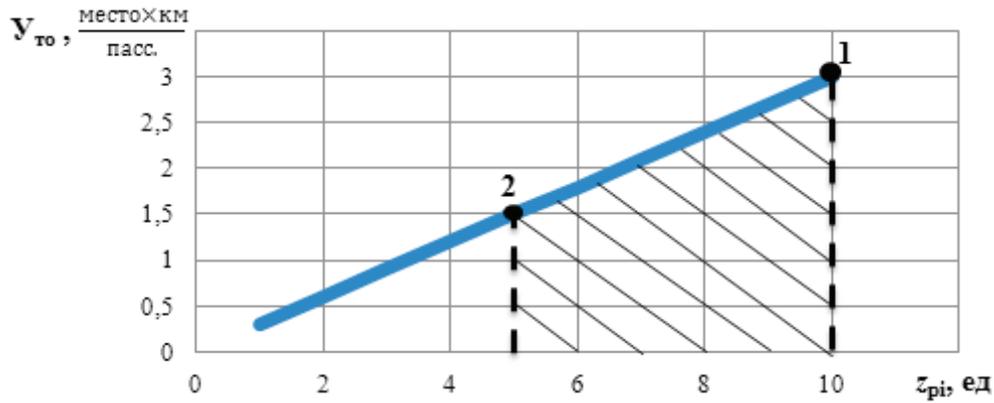


Рис. 4. Зависимость уровня транспортной обеспеченности от количества оборотных рейсов на маршруте

На рисунке 4 можно увидеть, что сокращая число рейсов с 10 до 5, получаем снижение уровня транспортной обеспеченности с 3 до 1,5. Это значит, что показатели связаны прямо пропорционально.

Таким образом, в качестве рекомендаций, повышающих качество перевозки пассажиров в пригородном сообщении, городской агломерации можно выделить:

1. Изменение количества рейсов необходимо четко коррелировать с изменениями пассажиропотока;
2. Необходимо обеспечивать равновесие между потерями времени пассажиров и ущербом от работы транспорта в городской среде;
3. Выдерживать должный уровень транспортной обеспеченности, сохраняя оптимальное количество оборотных рейсов.

Литература:

1. Приходько, А. С. Перспективы развития пригородных пассажирских автобусных перевозок на примере Волгоградской агломерации // Проблемы функционирования систем транспорта: материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 14–15 декабря 2015 г. В 2 т. Т. 2. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. — с. 137–138.
2. Ковалев, А. М., Снигур А. С., Кривоспиченко С. А. Способы улучшения взаимодействия железнодорожного и автомобильного пассажирского транспорта в пригородном сообщении г. Волгограда // Известия ВолгГТУ. Серия. Наземные транспортные системы. Вып. 9. — Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2014. — с. 50–53.
3. Корягин, М. Е. Равновесные модели системы городского пассажирского транспорта в условиях конфликты интересов. — Новосибирск: Наука, 2011. — 140 с.
4. Гудков, В. А., Миротин Л. Б., Вельможин А. В., Ширяев С. А. Пассажирские автомобильные перевозки. — М.: Горячая линия — Телеком, 2006. — 448 с.

Решение задач гидродинамики с помощью метода конечных элементов

Рахманов Низомиддин Муртазоевич, старший преподаватель;
 Баротов Азизбек Анварович, студент
 Ташкентский государственный технический университет имени Абу Райхана Беруни (Узбекистан)

В статье поставлена задача изучения течения жидкости в трубах с турбулизацией потока. Задача решена с помощью метода конечных элементов.

Ключевые слова: численное моделирование, метод конечных элементов, число Рейнольдса, гидродинамика, турбулизация.

Восновные установки энергетической и химической промышленности входят такие элементы, как топки, теплообменники, конденсаторы и реакторы, в которых имеют место течения жидкостей и газов и теплообмен [1].

Главная сфера использования метода конечных элементов (МКЭ) — анализ на прочность и расчёт деформации. Однако этот метод быстро завоевал популярность и для решения инженерных задач, связанных с гидро-, аэродинамикой, электроникой, радиоанализом. С его помощью можно решить задачи: механики жидкости, сплошных сред, статики, динамики.

Сейчас МКЭ является одним из наиболее популярных инструментов исследования характеристик инженерных конструкций, подвергаемых различным нагрузкам. Традиционные методы, предполагающие строгое теоретическое обоснование, могут использоваться только для ограниченного класса задач и особых условий нагрузки. Они часто нуждаются в модификации, причём приходится контролировать их применимость к решению поставленной задачи.

МКЭ позволяет конструктору решать задачи расчёта сложных деталей путём разбиения их на более мелкие части — конечные элементы. Эти элементы иногда называют дискретными, процесс их выделения — дискретизацией формы детали.

После разбиения дальнейшие расчёты проводятся для отдельных конечных элементов, каждый из них вносит свой вклад в характеристику прочности детали. Точки, ограничивающие элемент, называются узлами, и вместе с проходящими через линии образуют конечную элементную сетку.

Для 2d областей наиболее часто используются элементы в форме треугольника и четырёхугольника. При этом элементы могут иметь как прямо, так и криволинейные границы, что позволяет с достаточной степенью точности аппроксимировать границу любой формы. Для 3D областей наиболее употребляемые элементы в форме тетраэдра и параллелепипеда, которые также могут иметь прямо — и криволинейные границы.

В данной работе численное исследование проводилось для трубок со следующими характеристиками: внутренний диаметр трубок — 20 мм; длина трубки 100 мм.

Полученные данные доказывают, что, метод целенаправленной искусственной турбулизации потока в пристенной зоне, основанный на периодическом создании

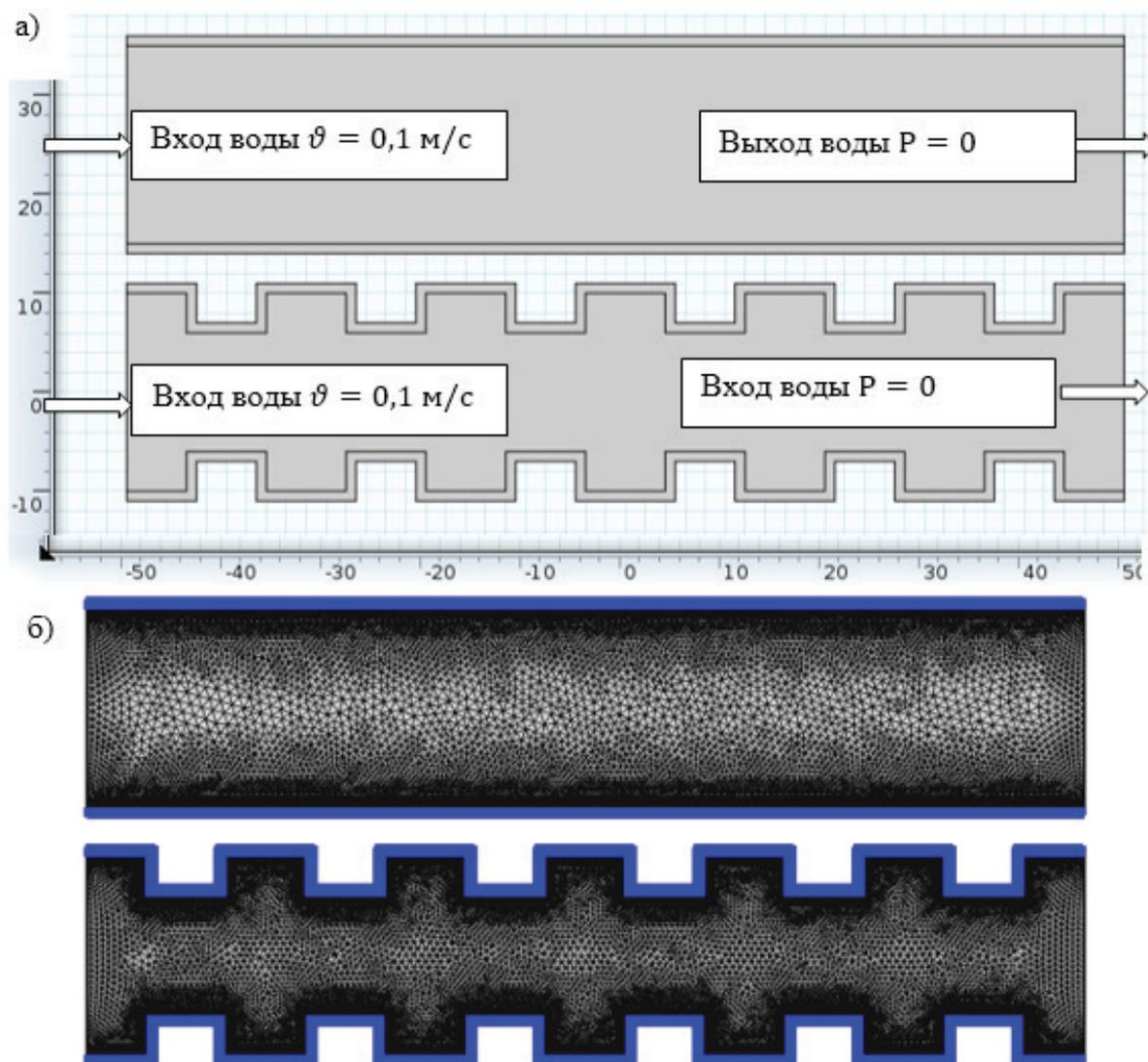


Рис. 1. Геометрия труб с граничными данными (а) и нанесение сеток методом конечных элементов (МКЭ) (б)

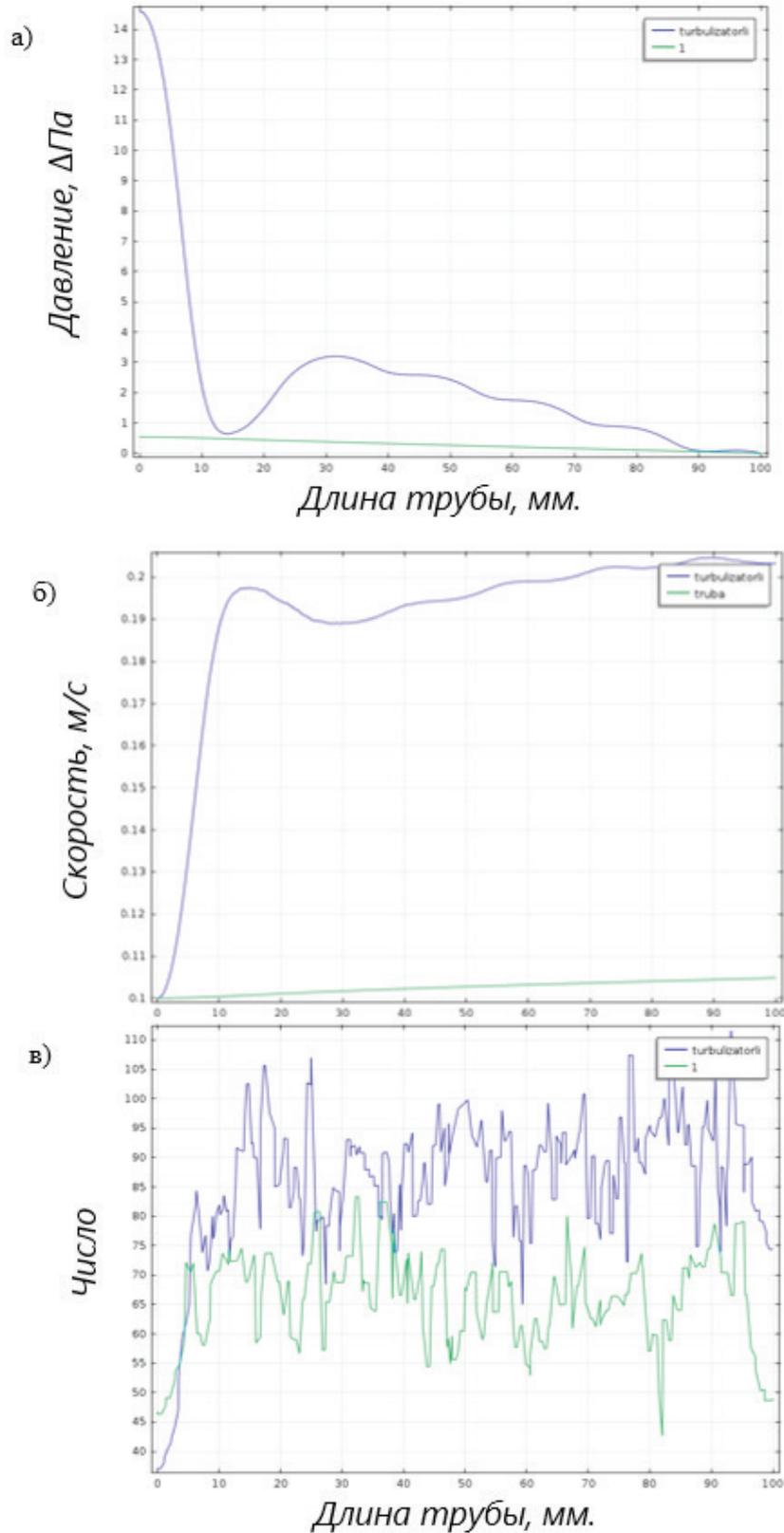


Рис. 2. Результаты численного эксперимента: графики зависимости, а) давления, б) скорости и в) числа Рейнольдса от длины трубы

небольших вихревых зон около стенки, являющихся источником дополнительной турбулизации потока.

В расчётах была использована модель Incompressible Fluid (Несжимаемая жидкость), которая предназначена

для моделирования течения газа (жидкости) при больших (турбулентных) числах Рейнольдса и при малых изменениях плотности, которая даёт наиболее точные данные решения задач гидродинамики

Литература:

1. S. Patankar «Numerical heat transfer and fluid flow». Hemisphere Publishing Corporation, New York, 1980.
2. Рахманов, Н. М., Муртазаев К. М. Технологическое оборудование градирен и методы интенсификации тепло-массообменных процессов // Материалы международной научно-технической конференции «Современное состояние и актуальные проблемы развития энергетики». — Ош. 2008. — С.120–121.

Анализ необходимости организации транспортно-пересадочного узла в районе станции метро Академическая г. Санкт-Петербурга

Романов Андрей Юрьевич, студент;
Антонов Денис Андреевич, студент;
Тарасов Михаил Александрович, студент
Санкт-Петербургский государственный экономический университет

В статье рассматривается ряд вопросов, связанных с созданием транспортно-пересадочного узла в районе ст. м. Академическая. Приведен пример возможного размещения зданий узла.

Ключевые слова: транспортные проблемы, транспортно-пересадочный узел, автомобильные дороги.

Keywords: traffic problems, transportation, road.

Рассматриваемый район располагает основными современными видами транспорта, размещение и структура его транспортных коммуникаций в целом отвечает внутренним и внешним транспортно-экономическим связям, но нуждается в существенном совершенствовании. Особенно сложная транспортная обстановка в районе станции метро Академическая где и необходимы современные организационные и градостроительные мероприятия [1,12; 2,23; 3,142, 4,11].

Численность постоянного населения, муниципального округа Академическое, на 2015 год составляет 108216 человек. Большая часть этого округа, а так же граждане соседних округов, пользуются именно станцией метро Академическая. Пассажиропоток станции равен 1586000 человек за месяц, что для красной ветки Петербургского метрополитена довольно большой показатель загруженности.

Перекресток выглядит таким образом, что Гражданский проспект имеет две полосы в каждом направлении и расширяется до 3х полос у перекрестка с Наукой. Проспект Науки состоит из двух полос в каждом направлении, а также по полотну, для движения трамвая в каждом направлении. В настоящий момент у метро и есть две перехватывающие парковки для граждан, но этого объективно недостаточно. Парковки переполнены, людям приходится ставить машины в ближайших дворах.

Все эти факторы указывают на необходимость организации транспортно-пересадочного узла на этом участке.

Основная часть

Сегодня в проектах нормативных документов [1,17; 4,9; 5,110] начинает просматриваться системный подход к выбору направлений развития транспортной инфраструктуры как комплекса взаимосвязанных процессов на различных участках движения транспортных средств, по вопросам согласования зачастую противоречивых интересов, касающихся организации и обслуживания транспортных потоков. На сегодняшний день возможно констатировать, что процесс совершенствования наряду с вопросами строительства новых и реконструкции существующих транспортных сооружений затрагивает и другие сферы деятельности в области транспортной инфраструктуры. Позитивные изменения коснулись и организации в городе транспортно-пересадочных узлов и сферы работы транспортного сервиса, а также улучшение парковочного пространства, что и будет составлять основу ТПУ.

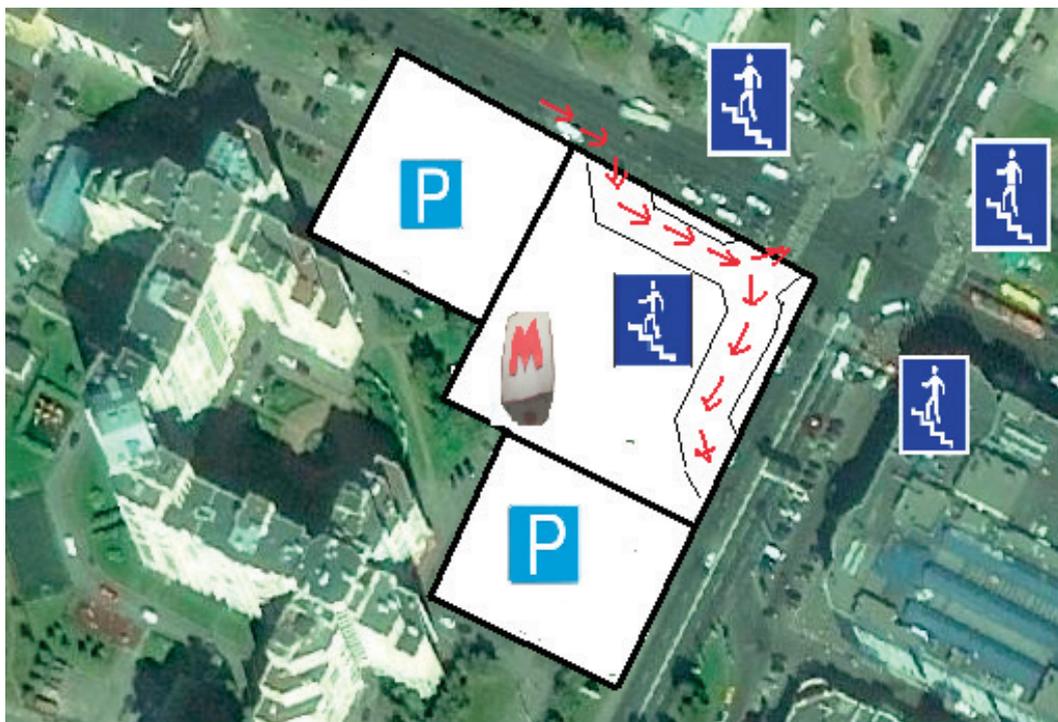
При более детальном изучении вопроса становится ясным, что такую подготовку целесообразно организовывать при наличии уже сформировавшейся транспортной инфраструктуры [6,73; 7,93]. Тогда въезды на парковки предлагается расположить, таким образом, один въезд со стороны проспекта Науки и один с Гражданского проспекта. Один из этажей паркинга отдать под стоянку местным жителям. Работу остальных организовать на платной основе.

Центральное здание ТПУ должно включать в себя торговые залы, а также секции, для частных предпринимателей, которые будут располагаться на верхних этажах.

На первый этаж будет возможен частичный подъезд общественного транспорта, что тем самым очень сильно облегчит движение по проспекту Науки у перекрестка. В данный момент правая полоса почти всегда занята, частными и маршрутными такси. Автобусы или маршрутки будут, подъезжая к перекрестку, заезжать на дополнительную полосу, под павильоном ТПУ, делать там остановку, а после выезжать на проспект Науки снова,

или все под тем же павильоном поворачивать направо по Гражданскому проспекту.

Наши предложения заключаются в необходимости создания подземных пешеходных переходов по всем направлениям. Создание подземных переходов, на перекрестке позволит установить светофор со стрелкой, для правых поворотов.



Переходы необходимо оборудовать спусками для пенсионеров и инвалидов. При этом потребуются на перекрестках переобустройство трамвайных путей, таким образом, чтобы их полотно было расположено на одном уровне с проезжей частью [8,103; 9,79]. Это позволит, в случае заполнения всех полос на проезжей части, добавить одну полосу для движения (что не противоречит правилам ПДД), а так же исключит вынужденное торможения автовладельцев перед рельсами, что так же увеличит проходимость перекрестка.

Указанные обстоятельства свидетельствуют о том, что одним из наиболее важных приоритетов в этих условиях является обеспечение устойчивости и предсказуемости работы объектов ТПУ.

Выводы

К счастью, масштаб транспортной проблемы у метро Академическая не настолько серьезный. Однако уже се-

годня мы можем наблюдать, что в часы пик движение транспорта становится затруднительным. С учетом роста количества личных автомобилей данная ситуация в будущем будет только ухудшаться. Учет конструктивных особенностей транспортных сооружений предполагает понимание места расположения элементов ТПУ, в границах которого устанавливается особый режим работы в целях обеспечения требований безопасности, а также нормальных условий эксплуатации, сохранности и учета перспектив развития района.

Данные предложения нацелены в первую очередь на сведение на нет, несчастных случаев на проезжей части, с участием пешеходов. Возможность быстро и без ощущения на себе погодных условий пересечь с метро на общественный транспорт, или личный автомобиль, снизить использование личных автомобилей, что облегчит ситуацию в городе в целом. Привлечению граждан к использованию общественного транспорта.

Литература:

1. Постановление правительства Санкт-Петербурга от 30 июня 2014 года № 552. О государственной программе Санкт-Петербурга «Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга» на 2015–2020 годы (с изменениями на 3 февраля 2016 года).

2. Лазарев, Ю. Г. Транспортная инфраструктура (Автомобильные дороги). Монография — LAP LAMBERT, Германия: 2015. С. 173.
3. Лазарев, Ю. Г., Петухов П. А., Зарецкая Е. Н., Обоснование деформационных характеристик укрепленных материалов дорожной одежды на участках построочных дорог. Вестник гражданских инженеров. 2015. № 4 (51). с. 140–146.
4. Стратегия социально-экономического развития Северо-Западного федерального округа на период до 2020 года, утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2011 г. № 2074-р (ред. от 26.12.2014), Распоряжение Правительства РФ от 16.10.2012 № 1939-р (ред. от 11.02.2015) «Об утверждении Плана мероприятий по реализации Стратегии социально-экономического развития Северо-Западного федерального округа на период до 2020 года».
5. Лазарев, Ю. Г., Громов В. А., Анализ условий создания предприятий и организаций производственной базы дорожного строительства. Вестник гражданских инженеров. 2014. № 1 (30). с. 109–111.
6. Лазарев, Ю. Г. Современное состояние проблемы совершенствования транспортной инфраструктуры / Ю. Г. Лазарев, Е. Б. Сеницына // Техника — технологические проблемы сервиса. — СПб.: 2013. — № 4 (26) — с. 71–74.
7. Лазарев, Ю. Г. Основы совершенствования транспортной инфраструктуры / Ю. Г. Лазарев, Е. Б. Сеницына // Техника — технологические проблемы сервиса. — СПб.: 2013. — № 2 (24) — с. 92–93.
8. Лазарев, Ю. Г., Громов В. А. Современные требования к обеспечению потребительских и эксплуатационных свойств автомобильных дорог // В сборнике: Инновационные технологии в мостостроении и дорожной инфраструктуре. Материалы межвузовской научно-практической конференции. 2014. с. 102–109.
9. Морозов, А. Г. Логистика придорожного сервиса/ А. Г. Морозов, Ю. Г. Лазарев // Техника — технологические проблемы сервиса. — СПб.: 2015. — № 4 (34) — с. 77–82.

Способы технологического процесса сушки материалов

Росабоев Абдукодир Тухтакузиевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;
Узбекский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства

Игамбердиев Дилшод Холмуродович, ассистент
Джизакский политехнический институт (Узбекистан)

В статье изложены способы сушки семян сельскохозяйственных культур для дрожжированных семян, наиболее подходящим является способ конвективной сушки.

Ключевые слова: *сушки семян сельскохозяйственных культур для дрожжированных семян, наиболее подходящим является способ конвективной сушки.*

Известно, что влажность семян является важнейшим фактором, влияющих на их посевные качества. Интенсивность протекающих в семенах жизненных процессов зависит от количества влаги содержащейся в них. В влажные семена усиленно дышат, выделяя влагу, углекислый газ и тепло. При высоких влажности и температуре на поверхности семян начинают развиваться микроорганизмы. Усиленное дыхание семян и микрофлоры приводит к выделению ещё большего количества тепла и вследствие плохой теплопроводности возникает их самонагревание, что приводит к снижению посевных качеств.

Как известно, сушка влажных материалов осуществляется различным способом, однако все они сводятся к двум принципам: удаление влаги из материала осуществляется без изменения или с изменением их агрегатного состояния (превращение жидкости в пар).

Сушка семян — это сложный технологический процесс, при котором необходимо строго соблюдать установленные температурные и вентиляционные режимы, а также правила эксплуатации сушильных установок. Путем правильной организации сушки семян сельскохозяйственных культур, в частности, дражированных опущенных семян хлопчатника можно не только долго их хранить, но и улучшить их качество.

Для удаления излишней влаги из материала используется в основном тепловая сушка. При тепловой сушке влага высушиваемого материала за счет сообщенного им тепла переходит в парообразное состояние и удаляется из материала в среду сушильной камеры, т.е. при тепловой сушке материала происходит испарение влаги. А в некоторых случаях, когда температура высушиваемого материала может достигать точки кипения воды, например в вакууме, происходит выпаривание влаги.

Из литературных источников известно, что скорость сушки прямо пропорциональна разности парциальных давлений пара над поверхностью высушиваемого материала и окружающей среды. Для ускорения процесса сушки необходимо увеличить давление пара над поверхностью высушиваемого материала или уменьшить давление пара в окружающей среде. Давление пара над поверхностью высушиваемого материала можно увеличить с повышением его температуры, а уменьшить давление пара в окружающей среде можно путем нарушения теплового баланса сушильной установки, т.е. путем создания осциллирующего эффекта.

В зависимости от вида передачи тепла от источника энергии к высушиваемому материалу различают следующие способы тепловой сушки: конвективная, кондуктивная (контактная), радиационная. В последнее время применяются также комбинированные способы сушки и сушки материалов в электрическом поле высокой частоты.

В таблице приведены схематическое изображение различных способов сушки в зависимости от вида передачи тепла от источника энергии к высушиваемому материалу (движение воздуха показано сплошными, а движение материала — пунктирными стрелками).

Таблица. Способы сушки материалов

№ п/п	Схематическое изображение	Наименование способов сушки материалов
I		I. Конвективная сушка:
		Воздух движется вдоль поверхности материала. Воздух обтекает материал со всех сторон.
		Воздух подается перпендикулярно к поверхности материала.
		Материал пронизывается воздушным потоком.
		Материал в «кипящем» состоянии. Материал во взвешенном состоянии, увлекаемый потоком или падающий в воздушном потоке.
II		II. Радиационная сушка: а – материал; б – излучающая поверхность.
III		III. Кондуктивная сушка: а – материал; б – нагретая поверхность. односторонний нагрев;
		двусторонний нагрев;
		перемешиваемый слой.
IV		IV. Комбинированная сушка с различным способом нагрева материала: для неподвижного слоя;
		для подвижного слоя;
		для перемешиваемого слоя.
V		V. Сушка в электрическом поле:
		Материал как электрическое сопротивление. Материал (а) как диэлектрик в поле высокой частоты.

Как следует из таблицы 1 каждый из этих способов обладает специфическими свойствами, правильное использование или их комбинации которых способствует качественной сушке высушиваемых материалов.

На основании анализа литературных источников по существующим способам сушки и техническим средствам их осуществления, а также практики применения сушильных установок выявлено, что наиболее традиционным для сыпучего материала (каким являются семена сельскохозяйственных и других овощебахчевых культур) является конвективная сушка с продувкой теплоносителя сквозь высушиваемый слой. При этом тепловая энергия, необходимая для нагрева материала, испарения и удаления влаги, выходит наружу и затем передается конвекцией к движущемуся газообразному теплоносителю — агенту сушки (в качестве агента сушки обычно используют нагретый воздух или его смесь с топочными газами). Таким образом, при конвективной сушке теплоотдатчиком и влагопоглотителем.

Конвективный способ получил наиболее широкое распространение в сельскохозяйственном производстве для сушки сыпучих материалов. Достоинством данного способа являются гибкость управления технологическим процессом, довольно низкая стоимость сушки, простота изготовления и эксплуатации сушильных установок.

Особый интерес представляет второй способ, т.е. кондуктивный (контактный) способ сушки, при котором высушиваемый материал получает тепло для испарения влаги от нагретой поверхности непосредственным контактом с ним. При этом способе в сплошном малоподвижном слое сушить семена сельскохозяйственных культур нельзя, так как может возникнуть перегрев его отдельных участков, непосредственно соприкасающихся с горячей.

Литература:

1. Сагин, Б.С Основы техники сушки. М. «Химия». 1987. 320с
2. Красников, В.В. Кондуктивная сушка. М. «Энергия» 1973. 288с
3. Лыков, А.В Теория сушки. М. «Энергия» 1968. 470с

Достоинством данного способа является совпадение знаков градиентов температур и влажности высушиваемого материала, что приводит интенсивному перемещению влаги от внутренних к наружным частям материала. Однако этот способ широкого применения не получил из-за низкой эффективности сушки и сложности изготовления.

При радиационном способе сушки влажных материалов испарение влаги происходит за счёт тепла, передаваемого материалу нагретыми поверхностями. При этом тепло передается материалу тепловыми лучами, т.е. солнечная или сушка инфракрасными лучами, при которой обезвоживание происходит в результате термоизлучения нагретых до высоких температур излучателей. Из значительного расхода тепла на 1 кг испаренной влаги малой эффективности сушки этот способ не получил широкого применения.

При комбинированной сушке высушиваемый материал нагревается различными способами. При этом ускоряется технологический процесс сушки, сокращается время нахождения высушиваемых материалов в сушильной установке. Однако, из — за сложности данного способа и большой затраты энергии для сушки, он не нашел широкого применения в сельскохозяйственном производстве.

При сушке в электрическом поле нагрев материала происходит благодаря тепловым эффектам, вызванным в нем воздействием электрического поля высокой частоты. Широкому распространению этого способа препятствует недостаточная изученность и низкая экономичность.

Из анализа способов сушки материалов следует, что для сушки семян сельскохозяйственных культур, в частности, дражированных семян наиболее подходящим является способ конвективной сушки.

Методы изучения реологических свойств почв

Сайлаубекулы Рустем, магистрант

Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева (Казахстан)

Структурно-механические (реологические) свойства почв изучают по реологическим кривым течения (основной и дополнительной), получаемых на ротационных вискозиметрах [1]. Прибор РЕОТЕСТ-2 представляет собой ротационный вискозиметр с внутренним вращающимся цилиндром и предназначен для исследования реологических свойств ньютоновских жидкостей с высокой вязкостью, а также структурированных дисперсных си-

стем (рис. 1). На данном приборе можно измерять следующие аномалии текучести: структурную вязкость, дилатансию, пластичность (предел текучести), тиксотропию и реопексию. Так как в почве мы обнаруживаем все виды перечисленных аномалий текучести, этот прибор подходит для почвенных исследований. Поскольку особенностью многих связнодисперсных систем является медленное установление стационарного потока в процессе



Рис. 1. Ионмер U-500 и РЕОТЕСТ-2

течения, то применение ротационных вискозиметров правомерно, так как они допускают необходимую выдержку в процессе измерения скорости течения.

РЕОТЕСТ-2 является двусым прибором, в комплекте 5 измерительных устройств. Для почвенных исследований при влажности максимального набухания более всего подходит устройство «Н/Н» в диапазоне скоростей от 0,17 до 145,8 с⁻¹. Рабочим органом прибора является система двух коаксиальных цилиндров: внешний цилиндр неподвижен, внутренний вращается с заданной скоростью. Исследуемая почвенная паста помещается в зазор между цилиндрами. При вращении внутреннего цилиндра прилегающий слой почвенной пасты захватывается им, более удаленные концентрические слои имеют меньшую угловую скорость, а слой внешнего цилиндра — неподвижен. В Реотесте-2 задается угловая скорость вращения цилиндра и измеряется момент вращения на внутреннем цилиндре. Момент вращения определяется реакцией образца на приложенную к нему деформацию. По измеренному моменту вращения, пропорциональному показанию индикаторной шкалы прибора α , рассчитывается напряжение сдвига P (дин/см² = 10⁻¹ Па), возникшее при данной деформации, и структурная (эффективная) вязкость η (пуаз).

Для получения сравнимых реологических характеристик деформационное поведение почв изучается в одинаковом физическом состоянии — в вязко-пластичной консистенции. Понятие одинаковое физическое состояние подразумевает, что при разной влажности почва содержит воду одинаковых категорий, что может проявиться в одинаковом поведении почв при механическом воздействии.

В ходе анализа получают две реологических кривых. Основная реологическая кривая отражает зависимость скорости деформации ($D\gamma$, 1/с) от напряжения сдвига (P , дин/см²), дополнительная — зависимость структурной вязкости (η , пуаз) от напряжения сдвига (P , дин/см²).

Реологические исследования позволяют получить следующие параметры:

— $P_{к1}$ — первое критическое напряжение сдвига, соответствующее началу течения пасты (условный предел текучести, предел Шведова);

— $P_{к2}$ — второе критическое напряжение сдвига, соответствующее началу разрушения (динамический предел текучести, бингамовское напряжение сдвига), течение происходит при постоянной пластической (бингамовской) вязкости η_m^* . Значение $P_{к2}$ получают продолжением прямолинейного участка реологической кривой при $P > P_{к1}$ до пересечения с осью P . Выделение на реологической кривой $P_{к1}$ и $P_{к2}$ указывает на наличие коагуляционных структур;

— P_m — напряжение сдвига, соответствующее полному разрушению структуры, достигается полная минимальная вязкость η_m (кривая структурной вязкости идет параллельно оси абсцисс);

— $P_{кон}$ — предел текучести восстановленной структуры. Если $P_{кон} < P_{к1}$, то это указывает на дилатантность (или $\eta < \eta_{рк1}$);

— $\eta_{рк1}$ — вязкость начала течения (наибольшая структурная вязкость);

— η_o^* — шведовская вязкость;

— η_m^* — бингамовская вязкость (вязкость пластического течения — критерий полноты разрушения связей);

— η_m — минимальная структурная вязкость;

— η_k — конечная эффективная вязкость исследуемой системы, которая соответствует наименьшей скорости деформации ($D\gamma = 0,17$ об/с) по обратной реологической кривой;

— ΔS — удельная мощность разрушения структуры;

— $(\eta_k / \eta_{рк1})$ — отношение конечной вязкости пасты к начальной характеризует способность структур к восстановлению;

— $(P_m / P_{к1})$ — отношение напряжения сдвига максимального разрушения структуры к первому критическому напряжению сдвига, характеризует прочность коагуляционных связей между почвенными частицами, чем выше отношение, тем прочнее структура;

— $(P_{к1} / P_{к2})$ — отношение первого критического напряжения сдвига ко второму показывает наличие дилатантных свойств;

— $(P_{к2} / \eta_m^*)$ — отношение второго критического напряжения сдвига к бингамовской вязкости характеризует бингамовскую пластичность (тиксотропность): чем оно

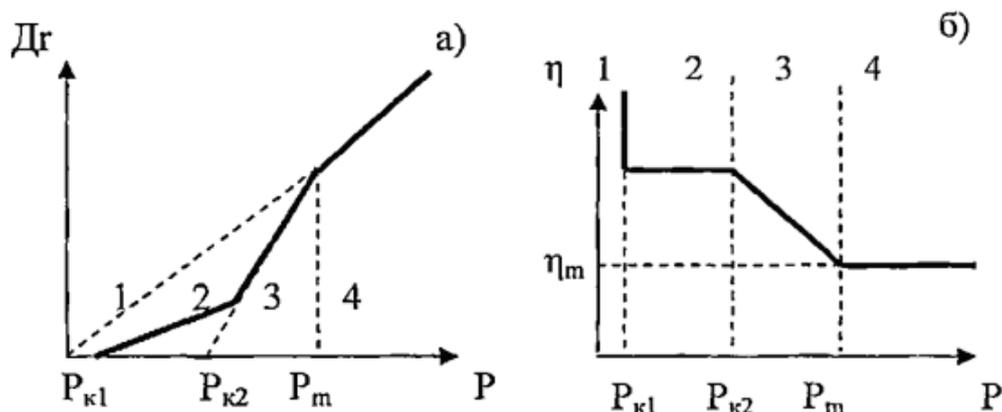


Рис. 2. Реологические кривые: а) основная; б) дополнительная

выше, тем сильнее в почве выражена способность к тиксотропному разжижению;

– $(P_{к2}/P_{к1})$ — отношение характеризует диапазон напряжений, в котором происходит разрушение структуры (чем отношение больше, тем прочнее структура).

На рис. 2 показаны реологические кривые идеальной коагуляционной тиксотропной структуры [2].

На кривой можно выделить четыре участка, соответствующих определенному физическому состоянию структуры.

1. $P < P_{к1}$. В области малых напряжений сдвига систему целесообразно рассматривать как твердообразное с высокой вязкостью тело Кельвина, практически не текущее при напряжении сдвига меньше некоторого предельного $P_{к1}$ (упругое последствие связано с взаимной ориентацией анизотрических частиц, способных участвовать в тепловом движении).

1. $P_{к1} < P < P_{к2}$. Участок ползучести по Шведову, большая часть контактов между частицами, остается не разрушенной. На этом участке система течет как ньютоновская жидкость с постоянной большой вязкостью. На вязкости системы еще заметно не сказываются процессы разрушения структуры, деформация и ориентация элементов структуры в потоке, «почти ненарушенная» структура.

2. $P_{к2} < P < P_m$. Энергетическое разрушение структуры описывается моделью Бингама. Вязкость жидкости, рассматриваемая как отношение напряжения сдвига к соответствующему градиенту скорости (так называемая эффективная вязкость), перестает быть постоянной величиной и непрерывно падает с ростом градиента скорости или напряжения сдвига. Для реальных структурированных систем вязкость может падать на много порядков. Это вызвано тем, что выше $P_{к2}$ происходит лавинное разрушение структуры.

3. $P > P_m$, P_m — предел прочности, соответствующий разрушению структурных связей, η_m — наименьшая структурная вязкость при $P = P_m$.

Процессы деформации и ориентации практически завершены. Кривая течения опять принимает линейный характер, система течет с постоянной вязкостью η_m . В сильно структурированных системах область кривой течения не достигается, так как уже при меньших напряжениях сдвига начинается турбулентный поток [3].

Хорошо оструктуренная прочноагрегированная почва и совсем бесструктурная (в агрономическом отношении) грубого гранулометрического состава могут иметь одинаковые высокие значения пределов прочности. Однако их деформационное поведение и характер реологических кривых будет резко отличаться.

Литература:

1. Шукин, Е. Д. Физико-химическая теория прочности дисперсных структур и материалов // Физико-химическая механика природных дисперсных систем / Под ред. Шукина Е. Д. и др. — М.: Изд-во МГУ. 1985. 72–90 с.
2. Шукин, Е. Д., Перцов А. В., Амелина Е. А. Коллоидная химия. — М.: Изд-во МГУ. 1982. 348 с.
3. Абукова, Л. П. Тиксотропные свойства почв // Депон. научн. отчёт. № 7. 1977. 141 с.

Изучение физико-химических аспектов деструкции высококипящих продуктов

Сафаров Бахри Жумаевич, кандидат технических наук, старший преподаватель;
Хикматов Дониёр Нематович, кандидат технических наук, старший преподаватель;
Элов Илёс Илхомович, магистрант

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Изучение промысловых гликолей показало, что среди продуктов распада наряду с идентифицированными низкокипящими (НК) продуктами деструкции (перекись водорода, формальдегид, ацетон, муравьиная и уксусная кислоты, гидроперекиси, гликолевый альдегид и др.) присутствуют и высококипящие (ВК) соединения. При перегонке бесцветный раствор гликоля отгоняется, а ВК соединения остаются в остатке, имеющем черную или коричневую окраску. Из-за своего цвета и консистенции этот остаток получил название смолы.

Структура и механизм образования ВК продуктов деструкции не выяснены. Большинство авторов однозначно сходятся лишь в следующем: ВК продукты по степени своего образования окрашивают гликоль от светло-желтого до черновато-коричневого цвета. Относительно же природы ВК продуктов наблюдается значительный разброс мнений. В работе [1] утверждается, что гликоли разлагаются с образованием окиси этилена, которая в присутствии воды полимеризуется в полиокись этилена, под воздействием кислорода превращающаяся в смолу. В работе [2] предполагается, что возможна циклизация образующихся продуктов распада и их дальнейшая полимеризация. В работе [3] утверждается, что молярная масса гликолевых смол составляет 600–2000, и в их состав, помимо гликолевых цепей, входят неполярные углеводородные цепи и ароматические вещества.

Некоторыми авторами для исследования ВК продуктов и определения их природы используется заимствованная из анализов нефтепродуктов методика классификации смолистых веществ по их растворимости в различных растворителях [4]. Так, в работе [5] проанализирован регенерированный гликоль, применявшийся в течение 8 месяцев для осушки жирного углеводородного газа (Учкурское месторождение). Кубовый остаток регенерированного ДЭГ был идентифицирован как нейтральные смолы. Этот вывод основан на том, что остаток почти целиком (93%) растворился в хлороформе и спиртобензольном растворе (1:4) с получением однородного физического раствора, но не растворился в метиловом спирте. На наш взгляд следует признать выводы автора некорректными, т.к. нейтральные смолы хорошо растворяются во всех нефтепродуктах и органических растворителях за исключением этилового и метилового спиртов, а «смолистые вещества» не экстрагировались углеводородным конденсатом.

При исследовании кубовых остатков гликолей, используемых для осушки нефтяного газа Мубарекского ГПЗ и Газлинского КС, проводилась обработка различ-

ными растворителями: водой, спиртом, бензолом, четыреххлористым углеродом, бензином. Обе пробы хорошо растворимы в воде и спирте, но остатки с Мубарекского ГПЗ не растворялись в бензоле, толуоле и четыреххлористым углероде. Это объясняется с тем, что различие в растворимости остатков наличием в пробе с Газлинской КС продуктов нефтяного характера (которые на ГПЗ отделяются в трехфазном разделителе). Методом криоскопии определен молекулярный вес кубового остатка с ГПЗ, равный 148. Для качественной оценки основных функциональных групп, кубовый остаток с ГПЗ анализировали методом ИК-спектроскопии. Сравнение спектров кубового остатка со спектром чистого гликоля показывает, что принципиально новых групп при осмолении гликолей не появляется, только меняется интенсивность поглощения основных функциональных групп. Причем преобладает межмолекулярная Н-связь. Поэтому авторы работы [6] полагают, что глубокой полимеризации молекул гликоля не происходит, а функциональные группы при этом сохраняются.

Опыты с различными образцами ДЭГ показали, что наличие МЭА играет существенную роль в образовании ВК остатка, причем интенсивное образование наблюдается в том случае, когда рН исходного ДЭГ не превышает значения 7,0. Для подтверждения этого явления ДЭГ окисляли до получения различных значений рН (от 9,3 до 4,1). После добавления МЭА ампулы термостатировали. Результаты опытов приведены в табл. 1.

Аналогичная картина наблюдается при введении таких же количеств аммиака вместо МЭА. Таким образом, введение для поддержания рН в раствор окисленного гликоля МЭА усиливает образование ВК веществ.

Влияние МЭА на образование ВК продуктов деструкции подтверждается большей величиной остатка в гликолях, используемых совместно с МЭА в комбинированном процессе очистки-осушка, чем в гликолях, работающих как обыкновенные осушители. Добавлением триэтиломина для поддержания рН ТЭГ объясняется тем, что быстрая дегградация гликоля после 500 ч работы установки осушки раствор гликоля приобрел черную окраску.

Влияние различных примесей, образующихся в циркулирующем ДЭГ, на снижение рН ДЭГ и образование ВК веществ исследовалось методом добавок различных химических веществ. В качестве добавок использовали гидроперекиси третбутила (ГПТБ), перекись водорода, муравьиную кислоту, формальдегид — вещества, присутствующие в продуктах термического разложения в количестве 0,05+1,0 масс.%. Образцы с такими добавками

Таблица 1. Зависимость выхода ВК веществ от добавок МЭА при различных значениях pH исходного ДЭГ

Условия опыта	Водородный показатель (pH) ДЭГ			Выход ВК веществ, масс. %
	исходного	после введения МЭА	После термостатирования	
Температура 150°C, Продолжительность 30 ч	9,3	10,8	8,5	1,03
	9,3	10,6	8,3	1,26
	10,3	10,4	9,3	0,94
Температура 150°C, продолжительность 30 ч, добавлен 0,1% вес. МЭА	6,3	10,3	8,5	1,64
	4,6	9,0	8,3	3,00
	4,3	8,8	8,7	2,50

термостатировали в ампулах при 150°C не менее 30 ч, при этом использовали свежеперегранный ДЭГ с pH = 7,7–7,9. Т. к. МЭА влияет на образование ВК веществ, то его в ампулы перед началом опытов не добавляли.

Как видно из результатов этого эксперимента (табл. 2), максимальное количество ВК веществ образуется при добавлении гидроперекиси третбутила и формальдегида.

Таблица 2. Влияние добавок на образование ВК веществ в диэтиленгликоле

Добавка	Содержание добавки, масс. %	Количество ВК веществ (масс. %), образовавшихся в течение					
		0ч	12ч	24 ч	36 ч	48 ч	60 ч
ГПТБ	0,2	0,30	0,55	0,75	0,90	1,05	1,20
	0,5	0,40	0,70	0,90	1,06	1,20	1,30
Муравьиная кислота	0,01	0,20	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
	0,05	0,20	0,90	1,00	1,10	1,15	1,20
	0,1	0,25	1,10	1,15	1,20	1,25	1,25
Формальдегид	0,05	0,20	0,60	0,75	0,85	0,95	1,05
	0,5	0,35	1,65	1,75	1,85	1,90	2,00

Испытание термической стойкости образцов ДЭГ, очищенного от легких примесей, с добавками 0,1 масс. % МЭА показало незначительное образование ВК веществ в пробах, где отсутствовали низкомолекулярные альдегиды или их содержание не превышало $5 \cdot 10^3$ масс. %. Количество ВК веществ в очищенном от легких соединений гликоле было в 5 раз меньше, чем у неочищенного.

В результате опытов по термообработке (120 + 145°C) в течение 3-х часов чистого технического ДЭГ (pH = 6,5) в колбе с обратным холодильником при непрерывном пропускании азота (что необходимо для удаления кислорода из раствора и исключения его влияния в процессе опыта) ДЭГ потемнел и помутнел. Таким образом, длительный нагрев ДЭГ с пониженным pH, причем в отсутствии кислорода, приводит к образованию высокомолекулярных соединений.

Проведённые опыты показывают, что pH не играет особого значения при образовании ВК и что при нагревании проб гликолей происходит изменение цвета раствора, т.е. накопление ВК веществ на одном уровне как в кислой (pH = 7–5,6), так и в щелочной (pH = 8–8,5)

среде. Однако в данных опытах кислую среду создавали добавлением борной кислоты, а щелочную среду добавлением соды в гликоль, что могло сказаться на результатах.

По имеющимся данным относительно ВК веществ можно заключить, что природа и механизм их образования изучены недостаточно. Данные лабораторных исследований лишь выявили факторы, оказывающие влияние на образование ВК веществ: pH среды, присутствие кислорода в технологической среде, химические примеси.

В образовании окраски гликоля могут участвовать (или воздействовать на изменение окраски) не только ВК продукты деструкции, но и другие соединения, как специально добавляемые в гликоль (антиоксиданты, ингибиторы коррозии), так и вещества, приносимые с газом (абсорбенты для очистки газа, ингибиторы и реагенты для обработки скважин и шлейфов).

Следует отметить, что при добавлении солей в растворы гликолей их потемнений немного быстрее. Поэтому по окраске гликоля делать однозначные выводы о степени его деструкции не следует.

Литература:

1. Гордиенок, Н.И., Фрейдин Б.Г., Проскурина Л.С. Автоокисление диэтиленгликоля // журнал прикладной химии, 1986. — № 7. — с. 1549–1554.

2. Гордиенок, Н.И., Фрейдин Б.Г. Кинетические данные для прогнозирования допустимых сроков хранения диэтиленгликоля // журнал прикладной химии, 1990. — № 1. — С.132–135.
3. Гордиенок, Н.И., Фрейдин Б.Г., Гущина Е.А., Хапилова О.М. О реакционной способности низших олигомеров этиленгликоля в реакциях окисления в жидкой фазе // Кинетика и катализ, 1986. — Т. XXVII. — Вып.6-С.1462–1465.
4. Гордиенок, Н.И., Фрейдин Б.Г. Относительно связи реакционной способности диэтиленгликоля при автоокислении с прочностью водородных связей // Кинетика и катализ, 1988. — Т. XXIX. — Вып.5-С.1242–1245.
5. Барков, И.И., Шаронов К.Г., Рожнов А.М. и др. К вопросу о осмолообразовании и ухудшении массообмена в экстракторе при извлечении ароматических углеводов диэтиленгликолем //Химия технология топлив и масел, 1975. — № 12. — С.25–27.
6. Ланчаков, Г.А., Кульков А.Н., Зиберт Г.К. Технологические процессы подготовки природного газа и методы расчёта оборудования. — М.: Недра-Бизнесцентр, 2000. — 279 С.

Система внутреннего бенчмаркинга

Сибиченкова Светлана Вадимовна, экономист
Московский филиал ЗАО «Эврика»

Термины и определения

Бенчмаркинг — это процесс определения, понимания и адаптации имеющихся примеров эффективного функционирования компании с целью улучшения собственной работы [4].

Планирование — оптимальное распределение ресурсов для достижения поставленных целей, деятельность (совокупность процессов), связанная с постановкой целей (задач) и действий в будущем.

Модернизация — обновление объекта, приведение его в соответствие с новыми требованиями и нормами, техническими условиями, показателями качества [5].

Оптимизация — это процесс нахождения наилучшего (из множества возможных) варианта решения задачи при заданных требованиях, ограничениях [6].

Система внутреннего бенчмаркинга организации

Одной из систем управления, активно применяющихся за рубежом, является бенчмаркинг, который предполагает применение наилучшей практики управления бизнесом, тем самым получая преимущество в конкуренции с другими организациями. Сутью системы бенчмаркинга является сравнение состояния управления затратами в организации с другими предприятиями-конкурентами с целью дальнейшего принятия решения по модернизации внутренней системы управления.

Абсолютно любую деятельность организации можно модернизировать с помощью системы бенчмаркинга. Подробнее остановимся на системе внутреннего бенчмаркинга, которая предполагает сравнение отдельных подразделений или филиалов с целью выявления лучших из наблюдаемых. Этот подход очень эффективен для предприятий, обладающих большим количеством филиалов,

схожим по виду деятельности, но работающих автономно. Основные преимущества внутреннего бенчмаркинга заключаются в том, что при проведении анализа отсутствуют конфиденциальность и проблемы с внутренней безопасностью, метод менее затратный и наиболее результативный, так как может оказать влияния на все подразделения, настаивая на одноплановой эффективной работе.

Принцип проведения внутреннего бенчмаркинга состоит в определении общих элементов схожих видов деятельности с целью выделения тех, которые должны быть стандартизованы. То есть, используя этот метод внутри организации, руководство подводит работу своего предприятия к единому «шаблону», что упрощает в дальнейшем анализ работы каждого подразделения.

Основной задачей внутреннего бенчмаркинга принято считать определение внутренних стандартов эффективности организации. Данный подход ведет к обмену опытом использования передовых методов работы в рамках всей компании и является основой для проведения внешнего бенчмаркинга, ввиду того, что если не использовать результаты внутреннего бенчмаркинга при проведении внешнего, то часто случается, что кампания сохраняет излишнюю сосредоточенность на своих внутренних процессах, считая их эталоном.

Следует отметить, что система внутреннего бенчмаркинга организации предполагает заинтересованность всех подразделений и филиалов в успешной реализации и функционировании данной системы. Поэтому прежде чем приступить к реализации системы лучше всего провести мероприятия по ознакомлению сотрудников с системой бенчмаркинга. Только вовлечение всех сотрудников способствует успешной работе внутреннего бенчмаркинга.

Рассмотрим основные этапы проведения любого вида бенчмаркинга.

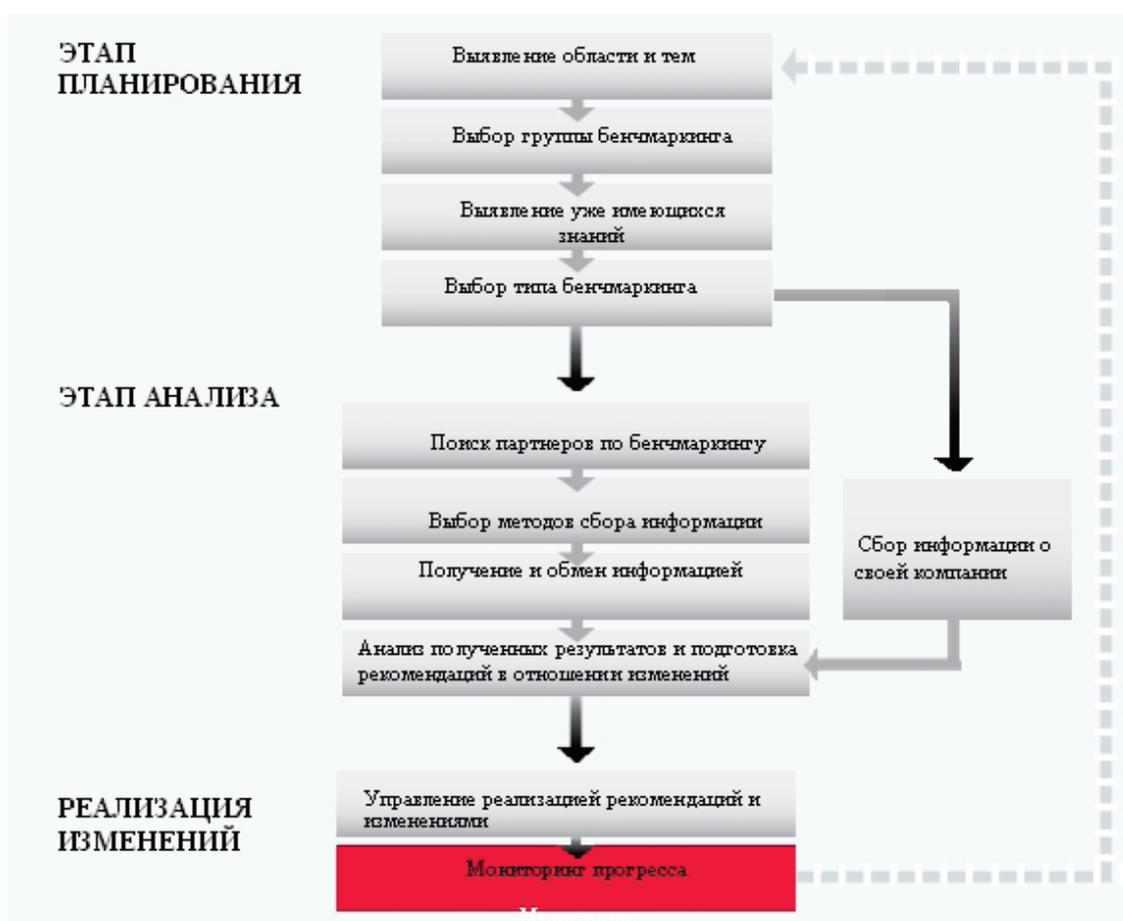


Рис. 1. Этапы проведения бенчмаркинга

На этапе планирования основной задачей перед руководством или отделом системы качества организации является определение цели проведения бенчмаркинга. Что сравнивать? Кого сравнивать? Что хотим получить в результате? Ответив на основные вопросы, определив область работы, группа по бенчмаркингу выделяет тип бенчмаркинга, который надо использовать на основе желаемого результата.

Следующим этапом работы будет анализ, то есть определение способа сбора информации и последующая обработка данных. На этом этапе группе по бенчмаркингу необходимо беспристрастно сравнивать работу отделов/подразделений/ филиалов/ организаций и выявлять наиболее оптимальные на основе показателей качества и эффективности. По результатам проведения сравнения и анализа данных необходимо составить подробный отчет по работе отделов/подразделений/филиалов/органи-

заций, при этом приводя доказательную базу из показателей деятельности. Довести информацию до руководства или службы качества. При формировании рекомендаций по изменению деятельности необходимо учитывать специфику работы каждого отдела/подразделения/филиала/ организации с целью недопущения расхождений в видах деятельности и способах работы.

Завершающий этап реализации рекомендаций по изменению специфики работы или самого производственного процесса необходимо проводить в условиях заинтересованности сотрудников. Они должны понимать необходимость изменений и быть вовлечены в процесс.

Результатом правильно проведенного бенчмаркинга будет оптимизация и модернизация работы внутри организации на всех уровнях, что дает предприятию увеличенные показатели эффективности работы и способствует увеличению конкурентных преимуществ на рынке.

Литература:

1. <http://pl-e.ru/w/Benchmarking>
2. <http://www.cfo-russia.ru/stati/index.php?article=12969>
3. <http://www.rae.ru/forum2012/327/3307>
4. <http://hr-portal.ru>
5. <https://ru.wikipedia.org/wiki>
6. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc1p>

Аспекты получения активных углей на Новоангреной тепловой электрической станции

Сотникова Ирина Владимировна, ассистент;

Баротов Азизбек Анварович, студент;

Эргашева Дильбар Кучкаровна, кандидат технических наук, доцент;

Мукольянц Арсен Артёмович, доцент

Ташкентский государственный технический университет имени Абу Райхана Беруни (Узбекистан)

В статье рассматриваются перспективные технологии производства активированного угля на тепловых электрических станциях. Предлагаемая технология активирования реализуется при предварительном отделении мелких частиц исходного угля с выводом их на основное пылесжигание в тепловырабатывающих установках и выделении узких фракций с подачей их в тепловырабатывающую установку на газофакельную термообработку для выделения влаги и летучих веществ, вывода активированного коксового остатка потребителю.

Ключевые слова: технология активирования угля, тепловые станции, себестоимость сорбента, сжигания угля, топка, многофункциональные горелки.

Известно, что углеродные материалы широко используются в областях химической промышленности в качестве адсорбентов, области применения их — это разделение и очистка газов, адсорбция из растворов (в пищевой и химической промышленности, очистка сточных вод, технологических растворов, масел, топлив и т.д.), применение в медицине, вакуумной технике, хроматографии, катализе [1]. В системах химводоподготовки и стоков воды промпредприятий, в том числе тепловых электрических станций (ТЭС) и котельных, в качестве сорбента используют также активированный уголь.

Особенности структуры углеродных материалов (пористая структура и химическое состояние поверхности), высокая механическая прочность, химическая, термическая и радиационная устойчивость являются несомненными преимуществами при решении важных технологических задач.

Одним из способов создания пористой структуры является увеличение поверхности угля. Это достигается как путем создания новых пор, так и путем освобождения имеющихся от содержащихся в них смолистых веществ.

Из-за больших расходов топлива, электроэнергии и потерь теплоты при производстве активированного угля, последний приобретает высокую стоимость.

Общие геологические запасы угля в Республике Узбекистан составляют более 4,8 млрд. т, из которых разведанные — 1832,8 млн. т. Запасы бурого угля, расположенные, в основном, в Ташкентской, Ферганской, Навоийской областях и в Каракалпакии, составляют 1786,5 млн. т. Запасы каменного угля, находящиеся в южных регионах республики — в Сурхандарьинской и Кашкадарьинской областях, — 46,3 млн. т. Прогнозные ресурсы угля — 323,4 млн. т. В 2013 г. объем добычи угля в Узбекистане увеличился до 4,09 млн. т (темпа роста к уровню 2000 г. — 159,2%, а к уровню 2012 г. — 101,3%). В настоящее время добыча угля в республике ведется на трех месторождениях: Ангреном бурю-

гольном месторождении, Байсунском и Шаргунском каменноугольных месторождениях.

Узбекистан к 2016 г. планирует увеличить объем добываемого угля вдвое по сравнению с уровнем 2014 г. Обеспечению поставленной цели послужит реализация до 2018 г. в республике инвестпроектов, среди которых: модернизация ОАО «Шаргункумир», обновление оборудования ОАО «Узбеккумир», строительство разреза «Апартак». Из общего объема добываемого угля в Узбекистане добыча каменного угля в ходе модернизации месторождений и расширения сырьевой базы может увеличиться до 900 тыс. т в 2020 г. против 20 тыс. т по итогам 2013 г. [2].

Себестоимость сорбента можно снизить, если организовать его производство с отбором части теплоты от тепла вырабатывающих установок непосредственно на самом промпредприятии (Ангреной и Ново-Ангреной ТЭС), работающих на углях Ангреного (бурый уголь), Шаргунского и Байсунского (каменный уголь) месторождений, физико-химические характеристики которых приведены в табл. 1. [3].

При этом сохранить технологический цикл основного производства тепловой энергии и ограничить расход теплоты на активирование потребностью в сорбционном материале только нуждами упомянутых систем.

Предлагаемая технология активирования реализуется при предварительном отделении мелких частиц исходного угля (до 1 мм) с выводом их на основное пылесжигание в тепловырабатывающих установках и выделении узких фракций 1–2 мм; 3–5 мм; 6–8 мм и т.п. с подачей их в тепловырабатывающую установку на газофакельную термообработку для выделения влаги и летучих веществ, вывода активированного коксового остатка потребителю.

Опыт сжигания угля подтверждает, что при вводе в камеру частиц, имеющих значительные колебания размерных характеристик, качественный угольный сорбент из всей массы исходного материала получить нельзя: мелкие частицы прогорают полностью, а крупные вы-

Таблица 1. Физико-химические характеристики углей Шаргуньского и Байсунского месторождений

Шифр	Суд, м ² /г	Пикнометрическая плотность, г/см ³	Насыпная плотность, г/см ³	Зольность, масс%	N, масс%	C, масс%	H, масс%	O, масс%	T°С
Д	6,5±0,6	1,23± 0,13	0,65±0,06	3,5±0,3	2,6	72,0	6,4	19,0	260
Г	5,7±0,3	1,23± 0,15	0,52±0,05	2,4±0,2	2,8	73,85	6,3	17,5	290
К	6,9±0,3	1,27± 0,15	0,67±0,06	13,1±0,9	2,3	81,0	5,1	11,6	340
ОС	5,4±0,3	1,28± 0,15	0,59±0,05	8,0±0,8	2,0	81,4	5,2	11,4	320
СС	6,1±0,3	1,29± 0,15	0,58±0,05	11,6±0,9	1,9	81,9	4,6	11,6	330

Примечание: проведено физико-химическое изучение каменных углей следующих технологических марок:

- Д (длиннопламенный),
- Г (газовый), К (коксовый),
- ОС (отощено-спекающийся),
- СС (слабоспекающийся).

ходят из процесса со следами недожога. Уменьшения обгорания угольного скелета частиц с уменьшением расхода исходного материала можно достичь лишь при фракционировании последнего с минимизацией размерного диапазона.

Выработка активированного угля может быть организована на ТЭС в вертикальной призматической топке парового котла с «многофункциональными» горелками, позволяющими работать как на газе, так и на угольной пыли [4].

Топка, представленная на рисунке 1, имеет традиционную конструкцию: содержит камеру 1 с экранированной фронтальной 2, задней 3 и боковыми 4, 5 стенами, потолочным перекрытием 6 и подом 7. Последний выполнен в виде «холодной воронки» — нисходящего диффузора с двухсторонними скатами, примыкающими к фронтальной и задней стенам. На фронтальной стене размещены, в частности, в один горизонтальный ряд многофункциональные горелки 8 с газоздушными и пылеуглеводводящими каналами 9, 10. На задней стене напротив горелок установлены воздушные сопла 11, а также окно вывода газов и пылеобразных продуктов сгорания 12.

При сжигании угольной пыли в топке образуется шлак, удаляемый через «холодную воронку» в шнековую систему шлакоудаления, постоянно наполненную проточной охлаждающей водой. Многофункциональные горелки реализуют рассредоточенный ввод в топку газоздушных и пылеугольных потоков. Газоздушные и пылеуглеводводящие каналы имеют вертикально-щелевую форму выходного сечения, вследствие чего в топку истекают системы спутных «плоских» газоздушных, пылеуглеводводящих, либо чередующихся газопылеуглеводводящих струй. На горизонтальном участке топки в зоне активного горения развиваются соответствующие спутные факельные системы, позволяющие эффективно комбинировать и сжигать топливо различного вида и качества, в том числе и твердое с подсветкой газом в отсутствие шлакования, что очень важно при организации процесса активирования.

Технология активирования предусматривает фракционирование и подачу угольных частиц размером 2–3 мм, 3–4 мм и т.п. в зону нагрева, вывод и охлаждение коксового остатка, продувку воздухом, продуктами сгорания и паром. Для организации этих элементов технологии необходима частичная модернизация существующего вспомогательного оборудования котлов. Отбор угольных частиц требуемых размеров организуют из системы возврата мельничных устройств ТЭС и котельных, работающих в режимах вывода загрубленной пыли. Отобранные фракции направляют в промбункер исходных частиц, откуда через питатели потоками воздуха в смеси с продуктами сгорания котла (газами рециркуляции), либо только последними, подают в пылеуглевыпускающие каналы топочной камеры. Фракционирование может быть реализовано также в системах приема и конвейерной подачи топлива в котлы; кроме того, уголь необходимых фракций может доставляться на ТЭС поставщиком. В топке предусмотрено дополнительное воздушное дутье в направлении нисходящего циркуляционного потока вдоль ската холодной воронки (в частности, путем наклона воздушных сопел, размещенных на задней стене напротив пылеуглеводводящих каналов многофункциональных горелок), а также парообработка коксовых частиц и их охлаждение, сбор и отправку потребителю (рис. 1).

Система сбора и охлаждения активированных частиц (поз. 14 на рис. 1) встраивается в подтопочное пространство котла, изначально рассчитанного на сжигание пыли, на место исходной системы шнекового шлакоудаления; последняя при необходимости восстанавливается. Возможен вариант использования существующей системы шлакоудаления при кожуховодном или воздушном ее охлаждении.

Нагрев частиц в топке осуществляется при определенных тепловой нагрузке и температурном фоне в зоне активного горения, поддерживается системой спутных газовых факелов многофункциональных горелок с регулируемыми температурными характеристиками. Скорость воздушных потоков на выходе из газоздушных каналов (20–30 м/с), скорость истечения газовых струй из

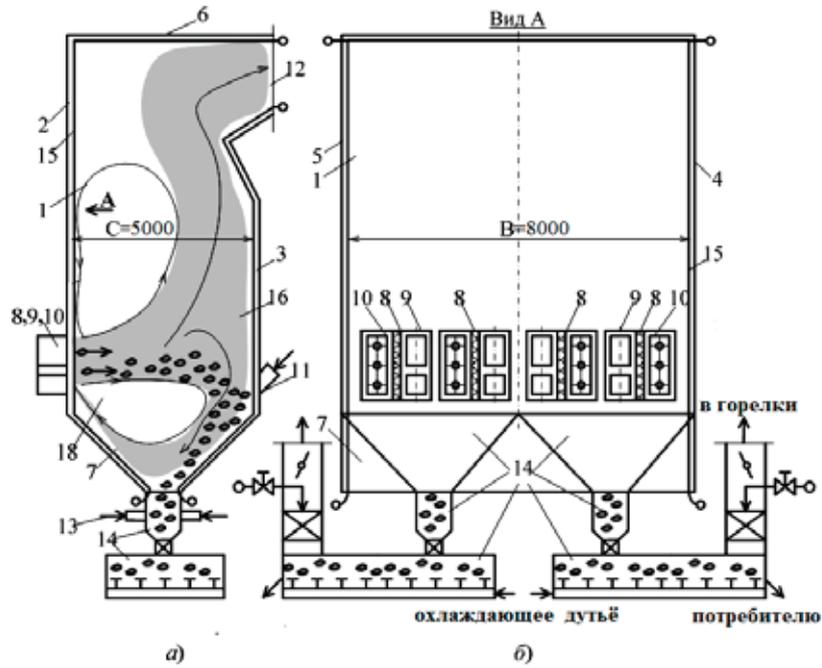


Рис. 1. Схема топки парового котла с multifunctional горелками и системой активирования угля:
 а — продольный разрез, б — вид А на фронтную стену с горелками, 1 — рабочая камера,
 2, 3, 4, 5 — фронтная, задняя и боковые стены, 6 — потолочное перекрытие, 7 — под с «холодной воронкой»,
 8 — multifunctional горелки, 9 — каналы для ввода исходного материала на активирование, 10 — каналы
 для ввода газа и воздуха, 11 — дополнительные воздушные сопла, 12 — выходное окно камеры, 13 — паровые
 сопла, 14 — система сбора и охлаждения горячего активированного материала, 15 — экранные трубы;
 16 — область восходящих потоков газов

сопловых насадок (90–150 м/с) — соответствуют регулируемым диапазонам этих параметров в период работы котла в обычных режимах выработки пара. Потоки активированных частиц вводят в межфакельные «коридоры»; их средняя скорость для выдерживания времени активирования не должна превышать 4–5 м/с.

Таким образом, при ведении процесса активирования непрерывно вырабатывается теплота — основной про-

дукт котельной установки. В выработке теплоты участвуют летучие горючие вещества активированного угля. Использование летучих веществ активированного материала в выработке теплоты обуславливает пропорциональную экономию газа. Окончательный выбор параметров активирования определяется в процессе наладки. Эти параметры во многом зависят от теплофизических свойств вводимых угольных частиц.

Литература:

1. Бекаев, Л. С., Марченко О. В. и др. — Мировая энергетика и переход к устойчивому развитию. — Новосибирск: Наука, 2000, 300 с.
2. Плакиткина, Л. С. Развитие угольной промышленности в республиках Средней Азии в постсоветский период и тенденции их перспективного развития. — М.: Уголь, 2015. с.69–72.
3. Раимжанов, Б. Р., Якубов С. И. К вопросу повышения эффективности технологии ПГУ на Ангренской станции «Еростигаз». В кн. «Современная техника и технология горно-металлургической отрасли и пути их развития», материалы конференции. Навои, 2006. с.16–19.
4. Бухаркина, Т. В., Вержичинская С. В., Дигуров Н. Г., Туманян Б. П. Химия природных энергоносителей и углеродных материалов. М.: Техника, 2009.

Печь на отработанном масле

Старостин Кирилл Васильевич, студент;
 Борисов Алексей Иванович, ассистент;
 Анисимов Евсей Евсеевич, старший преподаватель;
 Андреев Дмитрий Васильевич, ассистент;
 Андреева Лидия Семеновна, старший преподаватель;
 Охлопков Тихон Николаевич, ассистент;
 Петров Николай Вадимович, кандидат технических наук, доцент
 Северо-Восточный Федеральный университет имени М. К. Аммосова

Печь на отработанном масле — отопительный прибор на тяжелом, плохо горящем и сильно загрязненном топливе сложного состава. Чтобы оно сгорело полностью, необходимо расщепить тяжелые компоненты на более легкие;

Процесс расщепления называется пиролизом, или пламенным расщеплением. В конечном итоге для пиролиза используется теплота сгорания самого топлива; это процесс самоподдерживающийся и саморегулирующийся. Для начала пиролиза топливо нужно испарить, а пары нагреть до стартовой температуры (300–400 градусов), после которой пиролиз пойдет по нарастающей. Добиться этого в домашних условиях можно двумя способами.

Масло в резервуаре поджигают, оно разогревается и начинает испаряться, далее все происходит в вертикальной трубе с расширениями. Воздух в резервуар с горящим маслом поступает через его горловину с дроссельной заслонкой; с ее помощью регулируют силу горения, т.е. тепловую мощность печи, не нарушая режима сгорания. Чтобы это было возможно, газоз-

душная смесь должна непрерывно, по ходу трубы, перемешиваться.

Также в камеру сгорания, в которую переходит резервуар, необходим практически свободный приток воздуха — печь нормально работает при избытке кислорода. Поэтому камера сгорания дырчатая.

Преимущества:

Экономность утилизации масел

Утилизация дорогостоящая и не очень прибыльная операция, поэтому многие ею пренебрегают. Обычно стараются найти самые дешевые способы утилизации, но они не всегда оказываются безопасными и официально разрешенными.

Экологичность

При сгорании масла нет гари и копоти. К ним, например, относятся захоронения в морях или под слоем плодородной почвы. Кстати, последнее и вовсе не является правильным: 1 л отработанного масла способен отравить несколько тысяч литров грунтовых вод, которые затем попадают в реки.

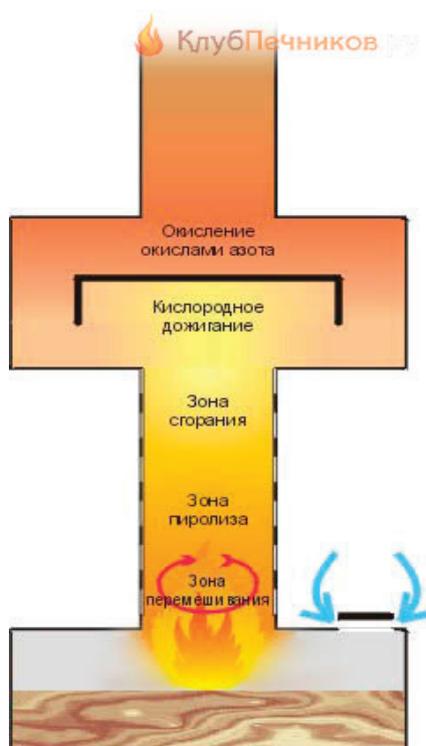


Рис. 1. Схема работы пиролизной печи

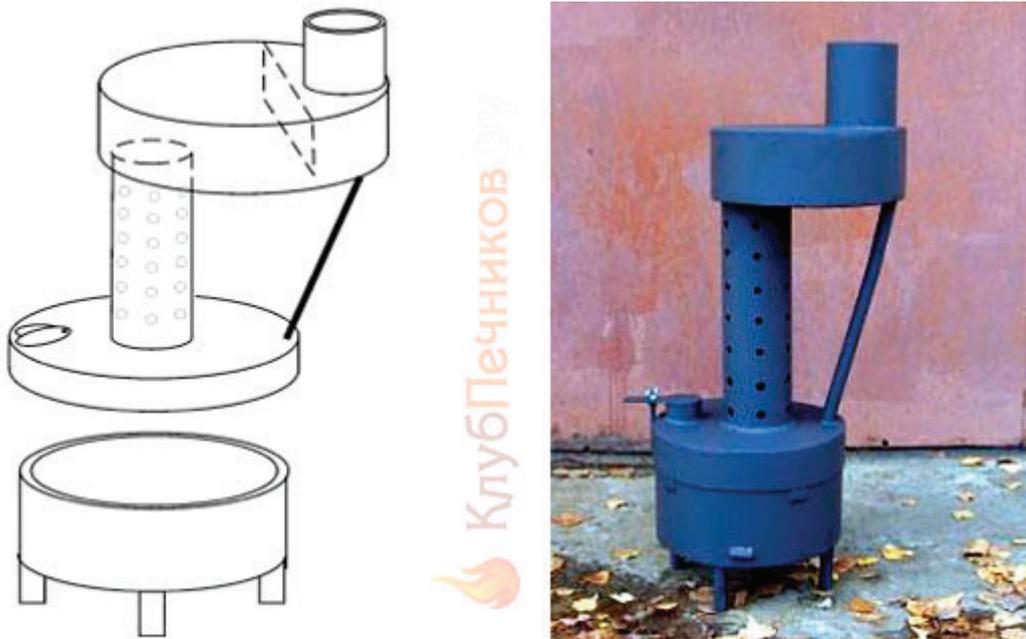


Рис. 2. Сборочный чертеж (слева) и внешний вид (справа) пиролизной печи

Простота эксплуатации

Пожаробезопасность (само по себе отработанное масло не горит, горят только его пары)

Отработанное масло является высокоэффективным топливом.

Отработанное масло можно сжигать в печах, котлах и воздухонагревателях, специально разработанных или адаптированных для работы на этом виде топлива. Кроме масла, в таких устройствах можно сжигать и дизельное топливо (или его смесь с маслом).

Недостатки:

Отработанное неочищенное масло из техсервисов не подходит для котлов, потому что оно содержит много примесей, воду, спирты и пр. Использование такого неочищенного масла приведёт к засорению фильтра, форсунок, а то и вообще может взорваться в блоке подогрева топлива. Поэтому отработанное масло нужно очищать и фильтровать, что в домашних условиях сделать невоз-

можно. Подготовленное очищенное отработанное масло стоит примерно 12 рублей за литр (солярка стоит от 28,4 рублей за литр).

Любой автосервис и государственное автотранспортное предприятия обязаны заключать договоры с фирмами, занимающимися утилизацией отработанного масла.

На улице оно замёрзнет, поэтому необходимо либо хранить масло в отапливаемом помещении, либо зарывать бочку на глубину промерзания [1].

Мы рассмотрим 3 типа отопления:

Газовое отопление:

При 28,06 руб. за 1м² газа и если пл. помещения 30м², то имеем 841,8 рублей.

Стоимость радиатора = 5500*2=11000 руб.

Вложение = 11000 руб. Ежемесячный расход = 841,8 руб.

Электрическое отопление:

При 5,09 руб за 1 кВт

Электрический конвектор Polaris РСН 2086



Рис. 3. Радиатор

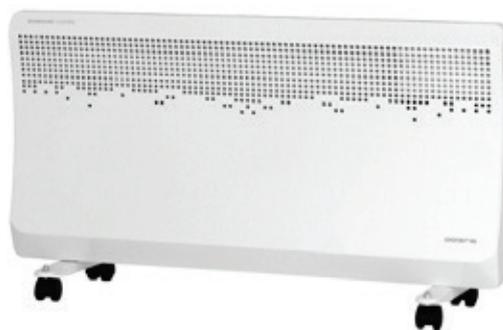


Рис. 4. Конвектор

Цена в розничной сети: 4290 руб.

Основные характеристики:

Потребляемая мощность 2000 Вт

Мощность нагрева 0.8/1.2/2 кВт

Рек. площадь помещения (в 2.6 м) до 30 кв. м [2].

Вложение = 4290 руб.

Ежемесячный расход = 1,2 кВт*24 часа * 30 дней * 5,09 рублей=4400 руб.

Печь на отработанном масле

Дымоход с шибером

Наличие огня дожигания

Мощность печи 10–15 кВт [3].

Вложение: цена печи 6 500 руб. + емкость на 500 литров 10000 руб. = 16500 руб

Ежемесячный расход = 0

Сроки окупаемости:

Газовое отопление:

Вложение = 11000 руб. Ежемесячный расход = 841,8 руб.

Электрическое отопление:

Вложение = 4290 руб. Ежемесячный расход = 4400 руб.

Печь на отработанном масле

Вложение = 16500 руб. Ежемесячный расход = 0
(При условии избытка отработанного масла, к примеру в помещении автосервиса)

Сроки окупаемости газового отопления:

(16500–9000):841,8=8,9 месяцев (1 сезон 2,9 месяца)

Сроки окупаемости электрического отопления:

(16500–4290):4400=2,7 месяцев

Заключение

Быстрый срок окупаемости (1–2 месяца) по сравнению с другими аналогами отопления помещения. Следовательно, печи на отработанном масле являются экономически эффективным вариантом. Их берут на вооружение принцип прямого нагревания воздуха, и в результате такого использования отработанного масла можно отапливать гаражи, теплицы, мастерские. Лучше всего применять такие печи на автосервисах, потому что отпадает необходимость искать топливо. Оно и так под рукой в большом количестве.



Рис. 5. Печь на отработанном масле

Литература:

1. Джесси Рассел: Моторные масла, год издания: 2013–09–01, ISBN: 978–5–5098–1403–7, страниц: 64
2. <http://teplo.guru/pechi/zhidkostnyie/pech-na-otrabotke-svoimi-rukami.html> Системы отопления для частного дома и квартиры

3. http://aqua-therm.ru/articles/articles_195.html Отопление на отработанном масле
4. http://clubpechnikov.ru/pech-na-otrabotke/#h2_0 Печь на отработанном масле и его принцип

Методы экспресс-контроля качества строительства автомобильных дорог. Часть 2. Уплотнение щебеночных оснований

Стригун Ксения Юрьевна, магистрант
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

В публикации выполнен обзор оборудования и приборов, которые могут быть применены для оперативного контроля степени уплотнения щебеночных оснований. Разработан алгоритм расчета коэффициента уплотнения по показаниям конусного пенетрометра. Применение результатов, полученных в работе, позволит повысить однородность уплотнения щебеночных оснований, и уменьшит величину, накапливаемой ими остаточной деформации. Это позволит повысить ровность покрытий и увеличить межремонтные сроки возобновления ровности.

Ключевые слова: коэффициент уплотнения, экспресс оценка степени уплотнения, динамический пенетрометр.

В работах [1–5] что величина необратимой деформации щебеночных материалов зависит от ряда факторов, в том числе и степени уплотнения. Особенностью щебеночных материалов является, что острые грани минеральных частиц вдавливаются в материал подстилающего слоя, вызывая возникновение достаточно больших напряжений. Этот эффект называют концентрацией напряжений. Вследствие этого фактическая величина напряжений превышает значения, используемые в любом условии пластичности [7–15], применяемом для расчета материала слоя, подстилающего щебеночное основание по сопротивлению сдвигу. Традиционные [16, 17] и современные [18–21] модели расчета главных напряжений не учитывают эффекта концентрации напряжений. Поэтому при расчете по сопротивлению сдвигу, вычисляемые касательные напряжения [22] оказываются недооценены. Аналогичная ситуация складывается при расчете по критерию безопасных давлений [23, 24]. Такое увеличение компонент тензора напряжений приводит к нелинейной зави-

симости пластических деформаций материала, подстилающего щебеночные основания от напряжений [25–31], вследствие чего показатели ровности дорожного покрытия превышают требуемые значения [32–34]. Одним из мероприятий минимизации такого ущерба является строительство щебеночных оснований высокой плотности при строгом контроле степени уплотнения. Уменьшить трудоемкость контроля можно применением экспресс методов, которые интенсивно разрабатываются в настоящее время [35–38]. Определение максимальной плотности щебня в основаниях дорожных одежд можно при помощи по методу Р. Проктора, используя тест С (Си — англ.) [39].

Исследования, выполненные за рубежом выявили корреляцию между модулем упругости и калифорнийским числом несущей способности (см. табл. 1).

Из анализа данных таблицы 1 следует, что модуль упругости и калифорнийское число несущей способности могут быть взаимосвязаны друг с другом линейной или степенной зависимостью.

Таблица 1. Эмпирические формулы для определения модуля упругости

Автор или документ	Формула для расчета модуля упругости при измерении в	
	psi (фунт/дюйм ²)	кПа
W. Heukelom и A. J. G. Klomp [40]	$\hat{A} = 1,5 \cdot CBR$	$\hat{A} = 10,342 \cdot CBR$
Witczak [41]	$\hat{A} = 1,42 \cdot CBR$	$\hat{A} = 9,79 \cdot CBR$
Green and Hall [42]	$\hat{A} = 5,409 \cdot CBR^{0,71}$	$\hat{A} = 37,294 \cdot CBR^{0,71}$
Sukumaran [43]	$\hat{A} = 3 \cdot CBR^{0,65}$	$\hat{A} = 20,684 \cdot CBR^{0,65}$
Powell et al. [44]	$\hat{A} = 2,555 \cdot CBR^{0,64}$	$\hat{A} = 17,616 \cdot CBR^{0,64}$

$$E = A \cdot CBR \quad CBR = A^{-1} \cdot E \quad (1)$$

$$\hat{A} = \hat{A} \cdot CBR^{\hat{A}} \quad CBR = \hat{A}^{-1} \cdot \hat{A}^{\hat{A}} \quad (2)$$

Учитывая связь калифорнийского числа несущей способности с плотностью сухого грунта или коэффициентом уплотнения (см. первую часть публикации [38]) формулы (1) и (2) можно представить в виде:

$$\left. \begin{aligned} CBR &= f(\rho_d) = F(k_y); \\ E &= A \cdot f(\rho_d) = A \cdot F(k_y); \\ E &= A \cdot f^B(\rho_d) = A \cdot F^B(k_y). \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Из анализа (3) следует, что для вычисления коэффициента уплотнения грунта достаточно установить его взаимосвязь с модулем упругости или калифорнийским числом несущей способности.

Из анализа исследований [38] следует, что взаимосвязь модуля упругости с коэффициентом уплотнения и влажностью грунта можно представить в обобщенном виде

$$E = a \cdot k_0^b \quad (4)$$

Решая (4) относительно коэффициента уплотнения получим

$$k_0 = \frac{1}{a} \cdot b\sqrt{E} \quad (5)$$

Подставляя в зависимость (5) формулу (2) получим:

$$k_0 = \frac{1}{a} \cdot b\sqrt{\hat{A} \cdot CBR^{\hat{A}}} \quad (8)$$

Формула (8) является наилучшим приближением коэффициента уплотнения от *CBR*, и параметров щебеночного материала (*A*, *B*, *a* и *b*). Эта зависимость позволяет определять коэффициент уплотнения грунтов в зависимости от величины *CBR*, измеренной на месте производства работ. В свою очередь, калифорнийское число несущей способности связано с глубиной проникновения динамического конусного пенетрометра в щебеночное основания от одного удара груза (или как еще говорят с индексом динамического проникновения конуса — *DCPI*).

В таблице 2 приведены эмпирические формулы, связывающие калифорнийское число несущей способности щебеночных материалов и грунтов (*CBR*) и сопротивлением проникновению конуса (*DSP*), равно и индексом динамического проникновения конуса (*DCPI*).

Таблица 2. Корреляционные зависимости между *CBR* и *DSPI*

Автор	Материал	Формула
M. Livneh [45]	Щебеночные материалы	$\log(CBR) = 2,56 - 1,16 \cdot \log(DSPI)$
		$\log(CBR) = 2,45 - 1,12 \cdot \log(DSPI)$
J. R. Harison [46]		$\log(CBR) = 2,55 - 1,14 \cdot \log(DSPI)$
S. L. Webster, R. H. Grau и Т. P. Williams [47]	Различные виды дисперсных грунтов	$\log(CBR) = 2,46 - 1,12 \cdot \log(DSPI)$

Из анализа данных таблицы 2 следует, что коэффициенты эмпирических формул являются индивидуальными параметрами для каждого грунта, но они могут быть установлены испытаниями непосредственно на строительной площадке.

Результаты исследований [45–47] свидетельствуют том, что корреляционная связь *CBR* с *DCPI* может быть записана в общем виде, а именно формулой:

$$\log(CBR) = f - g \cdot \log(DSPI) \quad (9)$$

где, *DSPI* — индекс проникновения конуса, мм/удар; *f* и *g* — параметры уравнения регрессии, зависящие от вида тестируемого материала.

Используя основные свойства логарифмов и применяя правило антилогарифмирования, получим формулу:

$$CBR = 10^f \cdot DCPI^{-g} \quad (10)$$

Подставив (10) в (8) получим

$$k_0 = \frac{1}{a} \cdot b\sqrt{\hat{A} \cdot (10^f \cdot DCPI^{-g})^{\hat{A}}} \quad (11)$$

Зависимость (11) позволяет производить оценку коэффициента уплотнения щебеночных материалов и грунта на месте производства работ при помощи динамического конусного пенетрометра.

При применении динамического конусного пенетрометра и предлагаемую нами методику испытаний накопчик прибора устанавливают в точке измерений. Затем выполняют 10–15 сбросов груза, отсчитывая число ударов. После этого снимают отсчет о глубине проникновения и вычисляют ее среднее значение, то есть за один удар. По формуле (11) рассчитывают коэффициент уплотнения. Перемещают прибор к другой точке и повторяют процедуру испытания.

Литература:

1. Семенова, Т. В., Гордеева С. А., Герцог В. Н. Определение пластических деформаций материалов, используемых в дорожных конструкциях // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. — 2012. — № 4 (37). — с. 247–254.
2. Александров, А. С., Киселева Н. Ю. Пластическое деформирование гнейс- и диабаз материалов при воздействии повторяющихся нагрузок // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 2012. — № 6. — с. 49–59.
3. Семенова, Т. В., Герцог В. Н. Пластическое деформирование материалов с дискретной структурой в условиях трехосного сжатия при воздействии циклических нагрузок // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2013. — № 1 (29). — с. 68–73.
4. Александров, А. С. Пластическое деформирование гранодиоритового щебня и песчано-гравийной смеси при воздействии трехосной циклической нагрузки // Инженерно-строительный журнал. — 2013. — № 4 (39) — с. 22–34.
5. Wichtmann, T., Niemunis A. Triantafyllidis Th. Strain accumulation in sand due to drained cyclic loading: on the effect of monotonic and cyclic preloading (Miner's rule) // Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2010. Vol. 30, № 8, Pp.736–745.
6. Александров, А. С. Применение теории наследственной ползучести к расчету деформаций при воздействии повторных нагрузок: монография. — Омск: СибАДИ, 2014. — 152 с.
7. Александров, А. С., Долгих Г. В., Калинин А. Л. Модификация критериев прочности сплошной среды для расчета грунтов земляного полотна по сопротивлению сдвигу // В сборнике: Архитектура. Строительство. Транспорт. Технологии. Инновации Материалы Международного конгресса ФГБОУ ВПО «СибАДИ». — Омск: СибАДИ, 2013. — с. 228–235.
8. Калинин, А. Л. Применение модифицированных условий пластичности для расчета безопасных давлений на грунты земляного полотна. // Инженерно-строительный журнал — 2013. № 4 (39). — с. 35–45.
9. Александров, А. С., Долгих Г. В., Калинин А. Л. Применение критерия Друкера-Прагера для модификации условий пластичности // Наука и техника в дорожной отрасли. — 2013. № 2. — с. 26–29.
10. Калинин, А. Л. Совершенствование расчета касательных напряжений в дорожных конструкциях. Часть 1. Модификация критерия Писаренко-Лебедева и его применение при расчете касательных напряжений // Молодой ученый. — 2016. — № 6 (110). — с. 108–114.
11. Александров, А. С. Совершенствование расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу. Ч. 1. Состояние вопроса: монография. — Омск: СибАДИ, 2015. — 292 с.
12. Александров, А. С. Совершенствование расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу. Ч. 2. Предложения: монография. — Омск: СибАДИ, 2015. — 262 с.
13. Чусов, В. В. Перспективы применения эмпирических условий пластичности грунтов и определение их параметров при трехосных испытаниях грунтов Вестник ВолГАСУ. — 2015. № 4 (61). — с. 49–57.
14. Александров, А. С., Калинин А. Л. Совершенствование расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу. Часть 1. Учет деформаций в условии пластичности Кулона-Мора // Инженерно-строительный журнал. — 2015. № 7 (59). — с. 4–17.
15. Калинин, А. Л. Применение модифицированного критерия Писаренко — Лебедева для расчета касательных напряжений в земляном полотне // В сборнике: Архитектура. Строительство. Транспорт. Технологии. Инновации Материалы Международного конгресса ФГБОУ ВПО «СибАДИ». — Омск, СибАДИ, 2013. — с. 299–307.
16. Foster, C. R., Ahlvin R. G. Stresses and deflections induced by a uniform circular load. // Proc. Highway Research Board. — 1954. — Vol. 33. — P. 236–246.
17. Ahlvin, R. G., Ulery H. H. Tabulated Values for Determining the Complete Pattern of Stresses, Strains and Deflections Beneath a Uniform Load on a Homogeneous Half Space, Bull. 342, Highway Research Record, pp. 1–13, 1962.
18. Александров, А. С., Александрова Н. П., Долгих Г. В. Модифицированные модели для расчета главных напряжений в дорожных конструкциях из дискретных материалов // Строительные материалы. — 2012. — № 10. — с. 14–17.
19. Александрова, Н. П. Модифицированные модели для расчета главных напряжений в грунте земляного полотна // В сборнике: Архитектура. Строительство. Транспорт. Технологии. Инновации Материалы Международного конгресса ФГБОУ ВПО «СибАДИ». Омск, 2013. — с. 236–246.
20. Александров, А. С. Один из путей расчета минимальных главных напряжений в грунтах земляного полотна / А. С. Александров // В сборнике: Архитектура. Строительство. Транспорт. Технологии. Инновации Материалы Международного конгресса ФГБОУ ВПО «СибАДИ». — Омск, СибАДИ, 2013. — с. 217–228.
21. Александрова, Н. П., Семенова Т. В., Долгих Г. В. Совершенствование моделей расчета главных напряжений и девиатора в грунте земляного полотна // Вестник СИБАДИ. — 2014. — № 2 (36). с. 49–54.

22. Александров, А. С., Долгих Г. В., Калинин А. Л. Один из путей совершенствования расчета дорожных одежд по условию сопротивления сдвигу в грунте земляного полотна // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. — Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2013. — с. 9–22.
23. Долгих, Г. В. Расчет грунтов земляного полотна по критерию безопасных давлений // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2013. — № 6 (34). — с. 4349.
24. Александров, А. С., Долгих Г. В., Калинин А. Л. О допустимых давлениях на грунты земляного полотна и слою дорожной одежды // Наука и техника в дорожной отрасли. — 2012. № 2. — с. 10–13.
25. Александров, А. С. Расчет пластических деформаций материалов и грунтов дорожных при воздействии транспортной нагрузки // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. Строительство. — 2009. — № 2. — с. 3–11.
26. Золотарь, И. А. К определению остаточных деформаций в дорожных конструкциях при многократных динамических воздействиях на них подвижных транспортных средств / И. А. Золотарь. — Санкт-Петербург: Изд-во ВАТТ, 1999. — 31 с.
27. Александров, А. С. Моделирование деформационных процессов, протекающих в связных грунтах // Наука и техника в дорожной отрасли. — 2002. — № 4. — с. 16–19.
28. Фадеев, В. Б. Влияние остаточных деформаций грунта земляного полотна на колеобразование на проезжей части дорог с жесткими дорожными одедами: / В. Б. Фадеев // Автореф. канд. техн. наук, М.: МАДИ (ТУ), 1999. — 21 с.
29. Александров, А. С. Нелинейное пластическое деформирование материалов при воздействии повторных кратковременных нагрузок / А. С. Александров // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 2008. — № 10. — с. 74–84.
30. Горячев, М. Г. Обоснование суммарного размера движения для расчета жестких дорожных одежд с учетом процесса накопления остаточных деформаций: / М. Г. Горячев // Автореф. канд. техн. наук — М., МАДИ (ТУ), 1999. — 17 с.
31. Жустарева, Е. В. Влияние плотности связного грунта в рабочем слое земляного полотна на остаточные деформации жестких дорожных одежд: / Е. В. Жустарева // Автореф. канд. техн. наук — М.: МАДИ (ТУ), 2000. — 20 с.
32. Александров, А. С. Критерии расчета дорожных конструкций по ровности, допускаемые и предельные неровности // Вестник гражданских инженеров. — 2008. — № 4. — с. 97–104.
33. Герцог, В. Н., Долгих Г. В., Кузин В. Н. Расчет дорожных одежд по критериям ровности. Часть 1. Обоснование норм ровности асфальтобетонных покрытий // Инженерно-строительный журнал. — 2015. — № 5 (57) — с. 45–57.
34. Александров, А. С., Гордеева С. А., Шпилько Д. Н. О допустимых и предельных значениях неровностей асфальтобетонных покрытий дорожных одежд жесткого типа // Автомобильная промышленность. — 2011. — № 2. — с. 31–35.
35. Александрова, Н. П., Троценко Н. А. Применение измерителя жесткости грунта Geogauge для оценки качества уплотнения при операционном контроле // Вестник СибАДИ, 2014, № 3 — с. 40–47.
36. Семенова, Т. В., Долгих Г. В., Полугородник Б. Н. Применение Калифорнийского числа несущей способности и динамического конусного пенетрометра для оценки качества уплотнения грунта // Вестник СибАДИ, 2014, № 1 — с. 59–66.
37. Александрова, Н. П., Семенова Т. В., Стригун К. Ю. Совершенствование методов экспресс оценки качества уплотнения грунтов земляного полотна строительства автомобильных дорог / Н. П. Александрова // Вестник СибАДИ. — 2015. — № 4. — с. 46–57.
38. Стригун, К. Ю. Методы экспресс-контроля качества строительства автомобильных дорог. Часть первая. Уплотнение грунтов земляного полотна. // Молодой ученый. — 2016. — № 6 (110). — с. 200–204.
39. Александрова, Н. П., Семенова Т. В., Долгих Г. В. Методы определения максимальной плотности грунтов земляного полотна автомобильных дорог [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие — Электрон. дан. — Омск: СибАДИ, 2015. — Режим доступа: <http://bek.sibadi.org/fulltext/ESD53.pdf>, свободный после авторизации. — Загл. с экрана.
40. Heukelom, W., Klomp A. J. G. Dynamic Testing as a Means of Controlling Pavements During and After Construction. Proc. of 1st International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements. 1962
41. Witczak, M. W., Qi X., Mirza M. W. Use of Nonlinear Subgrade Modulus in AASHTO Design Procedure // Journal of Transportation Engineering, Vol. 121, № 3 1995. Pp. 273–282.
42. Green, J. L., Hall J. W. Nondestructive Vibratory Testing of Airport Pavements Volume I: Experimental Test Results and Development of Evaluation Methodology and Procedure // Federal Aviation Administration Report № . FAA-RD-73-205-1 (September 1975).p 214.

43. Sukumaran, B., Kyatham V., Shah A., Sheth D. Suitability of Using California Bearing Ratio Test to Predict Resilient Modulus // Proceedings: Federal Aviation Administration Airport Technology Transfer Conference, 2002. 9 p.
44. Powell, W. D., Potter J. F., Mayhew H. C., Nunn M. E. The Structural Design of Bituminous Roads // Transport and Road Research Laboratory, TRRL Laboratory Report 1132, Department of Transport, Berkshire, United Kingdom.
45. Livneh, M. Validation of Correlations between a Number of Penetration Tests and In Situ California Bearing Ratio Tests. Transp. Res. Rec. 1219. 1987 Pp. 56–67.
46. Harison, J. R. Orrelation between California Bearing Ratio and Dynamic Cone Penetrometer Strength Measurement of Soils. Proc. Instn. Of Civ. Engrs., London, Part 2, 1987. Pp. 83–87.
47. Webster, S. L., Grau R. H., Williams T. P. Description and Application of Dual Mass Dynamic Cone Penetrometer., Final Report, Department of Army, Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS. 1992.

Использование композиции на основе местного сырья для кож низа обуви

Темирова Матлаб Ибодовна, преподаватель;
Хаитов Ахрор Ахмадович, преподаватель;
Назаров Шомурод Комилович, преподаватель;
Норова Дурдона Рузимуратовна, студент
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

При обработке кожи в технологических процессах используются композиции, состоящие из смеси различных неорганических и органических веществ. В нашей стране основная потребность в компонентах удовлетворяется за счет импорта, что связано с расходом валютных средств, для наших предприятий и другими осложнениями.

В связи с этим, перед нами была поставлена задача, исследовать и создать эффективные композиции на основе местного и вторичного сырья и технология их получения для дубления кож, улучшающих свойства и качество получаемой кожи и снижающих ее себестоимость, а также позволяющих рационально использовать природные ресурсы, сократить трудовые затраты и улучшить экологическую обстановку.

В технологической цепочке производства кож важное место отводится основному процессу дубления, т.е. фиксации голя (дерма шкуры животного), в результате взаимодействия дубящих веществ с белками и образование поперечных связей между полипептидными цепями белковой структуры, приводящих к необратимому изменению их свойств.

Повышение температуры сваривания дермы является одним из основных критериев процесса дубления

В традиционном способе обработки кож для дубления в композиции используются синтетические, растительные и водорастворимые полимеры. Процесс дубления кож с растительными дубителями достаточно долог, а синтетические — загрязняют сточные воды в связи с токсичностью.

Нами предложено вместо импортных растительных и синтетических дубителей использовать продукт производства волокна нитрон ПО «Навоизот» — модифицированный препарат гидролизованного полиакрилонитрила (ГИПАН), в частности, водорастворимый полимер К-4.

При эксперименте из чепрачной части голя бычины легкой, после обеззоливания и мягчения брали кусок и далее по методу асимметричной бахромы делили на 4 группы. Расход полимера (в пересчете на сухой остаток) брали следующий: 2,3,4,6% соответственно. Обработку проводили при температуре 298К, Ж.К.1,5 и продолжительности 6 часов. Содержание К-4 рассчитывали от массы голя после мягчения.

Полученные результаты исследования показали, что чем больше полимера К-4 тем лучше дубящая его целесообразность использования в качестве К-4 полимера в процессе дубления.

С целью выяснения свойств используемых новых эффективных композиций для дубления и наполнения подошвенных кож с водорастворимым полимером К-4 проведена опытно-экспериментальная работа в Ташкентском АО кожи и обуви «Узбекистан». Работа по оценке качества готовых кож для низа обуви, выработанных из шкур крупного рогатого скота сухосоленого способа консервировки выдубленных с пониженным содержанием растительных и синтетических дубителей в пределах 10%, последующим наполнением полимером К-4. В процессе работы были использованы 6 вариантов наполнения с применением водорастворимого К-4. В табл. 1 приведены использованные варианты.

Таблица 1. Состав композиции процесса наполнения

№	Наименование материалов	Варианты					
		1	2	3	4	5	6
1	Жир,%	3	3	3	3	3	3
2	Препарат КМУ,%	5	2	3	-	2,5	2,5
3	Препарат К-4,%	-	3	-	4	2	2,5
4	Акриловая эмульсия,%	-	-	3	2,5	1,0	-
5	Алюмокалиевые квасцы,%	3	3	3	3	3	3

Первосортные единицы по сырью составили 93,3%.

Качественные и количественные данные сырья, поступившего на отмоку, приведена в табл. 2.

Таблица 2. Качественные и количественные данные сырья, поступившего на отмоку

№	№ партии	Количество шт.	Сорт, шт.			
			I	II	III	IV
1	453	63	51	2	4	6
2	454	22	14	4	4	-
3	455	50	43	6	1	-

Качество готовых кож определяли по показателям химического анализа и физико-механических испытаний. Полученные данные приведены в табл. 3.

Таблица 3. Химические и физико-механические анализы готовой кожи

№	Наименование показателей	Варианты							ГОСТ 1903
		1	2	3	4	5	6	средние	
1	Массовая доля влаги,%	12,5	12,3	12,6	13,3	12,5	12,3	12,4	10–17
2	Массовая доля веществ экстрагируемых растворителями,%	3,2	3,2	3,8	3,0	3,6	3,4	3,4	2–5
3	Массовая доля общих водовываемых веществ,% н/б	11,8	11,4	11,4	11,5	11,4	11,3	11,4	26,0
4	Число продуба,% н/м	58	59,5	57,9	58,7	59,8	58,6	58,9	56,0
5	pH хлоркалевой вытяжки	3,7	3,7	3,8	3,8	3,6	3,6	3,7	3,5–5
6	Массовая доля Cg_2O_3 ,% н/б	1,15	1,11	1,13	1,13	1,05	1,09	1,1	1,2
7	Предел прочности при растяжении 10 МПа	1,9	2,20	2,1	2,27	2,21	2,17	2,19	2,0
8	Влагоемкость 2-х часовая,% н/б	61,4	51,8	53,2	53,1	53,7	52,4	52,3	65

Примечание н/б — не более
н/м — не меньше

Наполненные кожевенные полуфабрикаты по варианту 6 соответствовали нормативно-техническим документам.

Сортность готовой кожи приведена в таблице 4.

Таблица 4. Сортность готовой кожи

Элементы кожи по чепракованию	Количество шт.	Сортность			
		I	II	III	IV
		Штук/дм ²			
вороток	135	114–11697	20/2059	1/115	-

Таким образом, использование местного полимерного препарата К-4 в качестве дубителя и наполнителя в количестве 10%, для жестких кож, от массы отжатого полуфабриката в производственных условиях, снижает расход синтетических и растительных дубителей до 50%.

Литература:

1. И. П. Страхов и др. “Отделка кож”, М., Легкая и пищевая промышленность, 1983, 359с.
2. А.С.1595914. Способ обработки кожи / Е. А. Савина, Д. А. Куциди, Н. К. Барамбойм МТИЛП // Открытие. Изобретения, 1990, № 36
3. М. И. Темирова “Разработка эффективных композиций на основе местного и вторичного сырья и технологик их получения для дубления и отделки кож” Автореферат. Дис. ... канд, тех. наук. Ташкент, 2000. — с.132.

Кожа при этом в готовом виде получается ровной по цвету, с гладкой лицевой поверхностью без стяжки и налета, имеет рыхлое и плотное лицо.

Определение состава биогаза хроматографическим способом и улучшение технологии производства

Тиллоев Лочин Исмаиллоевич, преподаватель;
Нуруллаева Зарина Валиевна, преподаватель;
Нигматуллаев Азизбек Акмалович, студент
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В последние годы наблюдается бурное развитие техники и технологии, а потенциал электрических, тепловых, углеводородных и других энергий уменьшается. Поэтому, разработка технологий и их усовершенствование по получению возобновляемых энергий, является одной из актуальных проблем современности. Одним из типов возобновляемых энергий является биогаз, Разработка и усовершенствование технологии получения биогазов позволяет получить определенное количество возобновляемой энергии и приводит к улучшению экологического состояния окружающей среды [1–2].

Биогазы получают на биогазовых установках, которые могут быть двух типов. Первый тип: непрерывно работающая установка, постоянно догружающаяся сырьем. Ко второму типу относится периодически работающая установка, которая загружается сырьем полностью до рабочего уровня, а затем герметично закрывается. На установке в течение определенного времени получают биогаз. [3].

Важным аспектом процесса получения биогаза является сохранение оптимального значения влажности загружаемого сырья. Время ферментации составляет 15–35 дней. Значение рН составляет 6,5–7,5. Сырьем для получения биогазов служит: кукуруза, трава, злаки, навоз, внутренности животных, кости, отходы растений, прогнившие зёрна, канализационные стоки, жиры, солодовый осадок и т.д. При использовании любого сырья основа технологии заключается в метановом сбраживании, представляющий процесс разложения органических веществ до получения биогаза [4]. Нами, для получения биогаза, в качестве сырья выбирался навоз

крупного рогатого скота. Влажность сырья доводилась до 85%. В качестве реакторов были использованы толстостенные стеклянные цилиндрические ёмкости, снабжённые штуцерами и краниками для отвода биогаза. Для получения биогаза два баллона были загружены сырьем, объём которых составлял 7 л. Во второй баллон к 7 кг сырья добавлялись 100 г нитрат аммония, обозначим его как (реактор P_2). Ёмкость без нитрата аммония обозначим (реактор P_1). Имеющееся сырьё перемешивалось три раза в сутки при помощи специального перемешивателя, вмонтированного в реакторах P_1 и P_2 . В реакторах поддерживалась постоянная температура в пределах 35⁰С.

Результаты проведенных исследований показали, что в реакторе P_2 начало газовыделения осуществлялось через 20 часов, а выделение газа в реакторе P_1 началось через 40 часов после загрузки сырья. Установлено, что в начальной фазе объём газовой выделенной был незначительным, но по мере дальнейшего сбраживания сырья, становился более интенсивным. На рис. 1 приведена временная зависимость выхода общего объёма биогаза в реакторах P_1 (рис. 1 а) и P_2 (рис. 1 б). Как видно из рис. 1 объём газовой выделенной в обоих реакторах начинается в 1-е сутки сбраживания сырья. По мере роста времени брожения наблюдается усиление интенсивности общего объёма газовой выделенной, максимальный рост которого наблюдался в течение 20 и 40 суточного брожения сырья. В дальнейшем в реакторах интенсивность газовой выделенной экспоненциально уменьшается. При 60–74 дневной работе реакторов газовой выделенной сокращается до минимума.

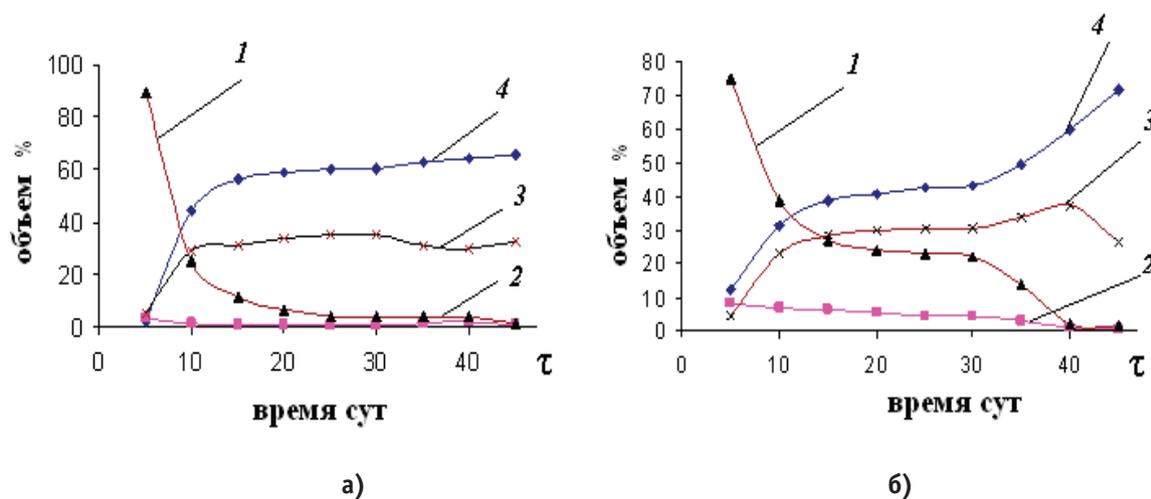


Рис. 1. Временная зависимость объемного выделения различных газов: азот (1), кислород (2), ангидрид карбонат (3) и метан (4) в реакторах P₁ (а) и P₂ (б)

На рис. 2 приведены результаты качественного анализа биогазов, выделяемых в реакторах P₁ и P₂, при помощи газоанализатора «6890 Fdilent». На основании результатов, приведенных на рис. 1 и 2 установлено, что в первые 5 суток основным выделяемым газом является азот (N₂), объем которого составляет ~ 75–85%, а доля кислорода, составляет 10 и 3%.

Аналогичную долю практически составляют ангидрид карбоната и метана. В этих случаях метан является необходимым компонентом, который может быть использован в технике и технологии. Следует отметить, что по мере роста времени брожения существенно уменьшается доля азота. Причем в реакторе P₂, где имелось определенное количество (100 г) минерала аммония доля азота ~ в два раза быстрее сокращается по отношению к доле азотного газа, выделяемого в реакторе P₁.

Как видно из рис. 3, в реакторе P₂ при 10 суточном брожении доля азотного газа составляет 20%, а доля азота

в P₁ составляет ~ 40%. При чём в реакторе P₁ доля этого газа уменьшается в течение 15 суток и, далее до 30 суток остается неизменным. В то же время в реакторе P₂ доля азота в биогазе до 20 суточного брожения уменьшается до 4–5%. Дальнейшее увеличение времени брожения не приводит к существенному изменению доли азота в общем объеме полученного биогаза.

В составе биогазов также наблюдается выделение карбонат ангидрида, доля которого в обоих реакторах изменяется практически одинаково. При этом до 15 суток брожения наблюдается экспоненциальный рост объема карбоната ангидрида и не приводит к его изменению при дальнейшем увеличении времени брожения сырья. В этих случаях брожение сырья в пределах 15–40 суток остается на уровне 35% от всего объема биогаза. В составе биогаза в реакторах P₁ и P₂ выделяется основной продукт горения в виде метанового газа, результаты которого проведены на рис. 3.

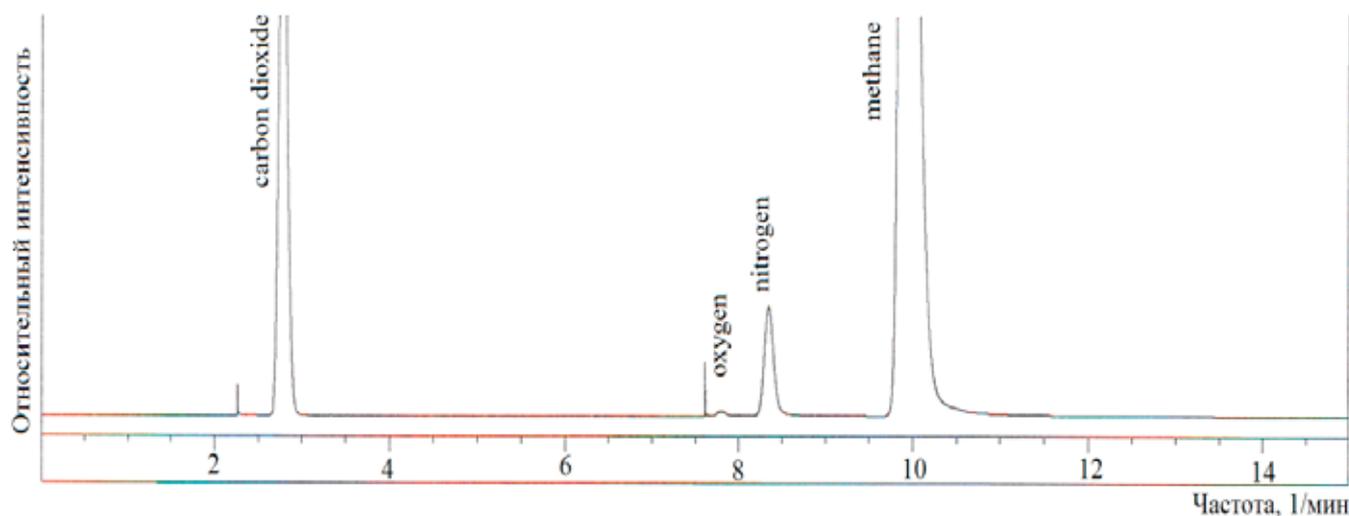


Рис. 2. Результаты хроматографического анализа биогаза на установке «6890 Fdilent»

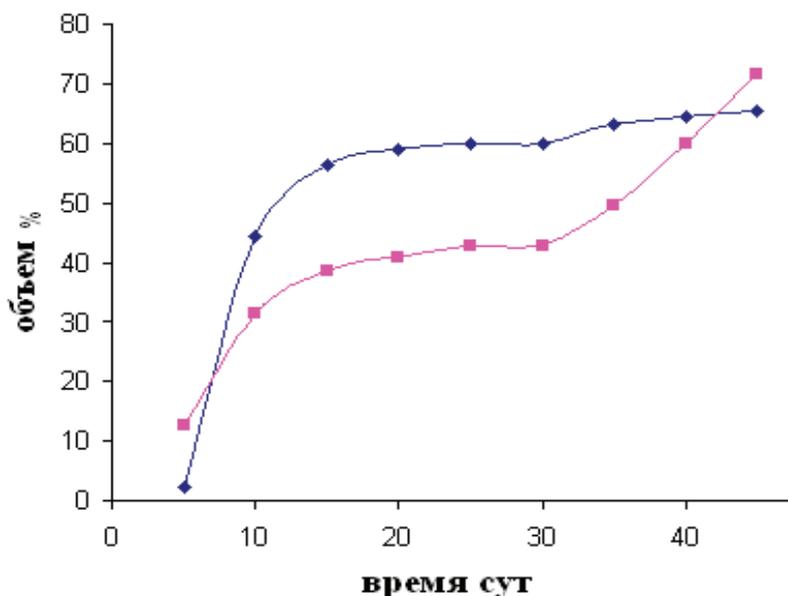


Рис. 3. Временная зависимость объемного выделения биогаза в реакторах P₁ (1) и P₂ (2)

В реакторе P₁ доля метана при сбражении сырья от 0 до 15 суток наблюдается экспоненциальный рост объема выделяемого горючего газа. Через 15–30 суток объем метана незначительно увеличивается от 40 до 45%. В дальнейшем при увеличении времени брожения от 30 до 45 суток, наблюдается резкий рост объема выделяемого метана до 70–75%. При этом в реакторе P₂, в первые 15 суток доля метана в биогазе увеличивается от 0 до 60%.

По мере увеличения времени брожения увеличивается от 60% до 75%.

Таким образом, в результате полученных экспериментальных данных установлено, что добавление 1,4% нитрата аммония к навозам крупнорогатого скота сокращает время образования метановых газов биогаза в 2 раза. Сокращение времени метанообразованных в реакторах приводит к уменьшению расхода тепловых и энергетических ресурсов.

Литература:

1. Технологический регламент получения биогаза с полигонов твердых бытовых отходов. Москва 1990.
2. С. М. Биркин. Совершенствование технологии и технических средств утилизации навоза крупного рогатого скота. Волгоград, 2009.
3. С. М. Биркин, Н. М. Антонов. Обоснование применения биогазовых установок на животноводческих фермах и комплексах. Вестник КрасГАУ — Красноярск, 2009. № 5. с. 195–199.
4. С. М. Биркин, Т. В. Ефремова. Особенности систем теплоснабжения биогазовой установки на животноводческих комплексах. Новочеркасск, 2008. № 3 (145). С.83–87.

Types Of Domestic Hot Water Solar Thermal Systems

Timofeeva Antonina Olegovna, Student of Master Program;
 Agishev Kamil Nailevich, Student of Master Program;
 Chernyshev Dmitry Andreevich, Student of Master Program
 Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Solar energy is utilized in various ways, such as industrial & domestic water heating, drying of products, space heating, cooling & refrigeration, power production etc. These are all solar thermal application. Solar energy can be classified into two systems; thermal energy system which converts solar energy into thermal energy and photovoltaic energy system which converts solar energy into electrical energy. First one uses of solar thermal energy will be discussed in this article.

Виды систем горячего водоснабжения, функционирующих на основе использования солнечной энергии

Тимофеева Антонина Олеговна, магистрант;
Агишев Камиль Наилевич, магистрант;
Чернышев Дмитрий Андреевич, магистрант
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Солнечная энергия используется различными способами, такими как: подогрев промышленной и бытовой воды, сушка изделий, обогрев помещений, охлаждение и замораживание, производство энергии и т.д. Все это — употребление солнечной тепловой энергии в том или ином видах. Системы, использующие солнечную энергию, могут быть классифицированы на два типа систем: системы, которые преобразуют солнечную энергию в тепловую энергию и фотоэлектрические солнечные системы, которые преобразуют солнечную энергию в электрическую. О первом типе систем пойдет речь в этой статье.

1. Introduction

The planet is progressively marching towards a serious electric energy crisis, due to an increasing need of electric energy becoming greater than its supply. We have always accepted that the energy we make use of each day is not unlimited, still we take it for granted. Coal, petroleum, electrical power, even water has inadequate availability. But, we have not taken sufficient precautions to handle a possible energy crisis. Oil and gas have already become too pricey, and with each passing day, they are becoming being extinct. Prices have been rapidly increasing for the past five years, due to the rising desire and the escalating shortage of energy resources. The solar energy considered as the one source of renewable energy, alternatives to the energy sources.

Solar thermal energy can actively heat a space or it can be also used for indoor domestic water heating. Water that is medium hot is used for daily, indoor needs such as bathing and cleaning and, sometimes, heating of buildings. A variety of solar water heaters can preheat water for use in buildings.

2. Overview

The use of solar energy in recent years has reached a remarkable edge. Heating water with the sun is one of the most cost-effective applications of solar energy. Questions of the energy-efficient installation of different solar water heating systems became a subject of serious scientific researches and the main topic of world congresses such as «Packaged solar water heating technology: twenty years of progress» and «Proceedings of the World Renewable Energy Congress».

Details of thermosyphon solar water heaters installation and its characteristics are considered in the Morrison G.L. and Braun J.E. article «System modeling and operation characteristics of thermosyphon solar water heaters». (Solar Energy 1985).

Ong K.S. considers types of calculation for solar water heating systems by different methods in his scientific re-

searches «A finite difference method to evaluate the thermal performance of a solar water heater» and «An improved computer program for the thermal performance of a solar water heater».

Principals of solar thermal systems design are considered in details by scientist from different countries in researches such as «Optimal design for a thermosyphon solar water heater» (Shariah A. M, Shalabi B.), «Design, construction, performance evaluation, and economic analysis of an integrated collector storage system». (Kalogirou S.), «Principles of solar engineering» (Kreith F, Kreider J. F.).

3. Goals and objectives of research

The purpose of the study is to classify the types of domestic hot water solar thermal systems by its operation principle.

Objectives of the study:

- to analyze principles of solar thermal systems operation;
- to compare different solar thermal systems schemes;
- to highlight advantages and disadvantages of each systems type.

4. Solar thermal process

Solar thermal process is the conversion of solar radiation into useful heat (e.g. for sanitary hot water and space heating) and other useful «services» through thermally driven processes [2].

Thermally driven process is the conversion of heat (in the form of a carrier fluid, e.g. water, air, diathermic oil, molten salts) into one or more useful «services» (e.g. cooling, sea water desalination, drying, industrial processes, etc.). [5]

All solar thermal systems for domestic water heating can be divided in two different types:

- Thermosyphon water heater (passive systems);
- Pumped hot water system (active systems).

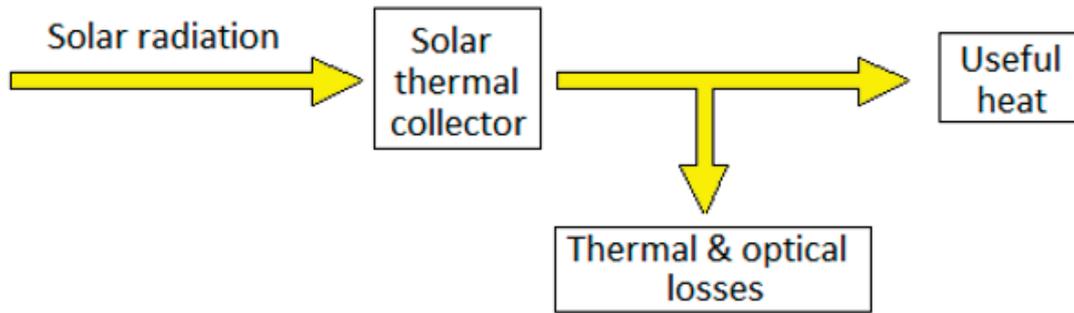


Figure 1. Scheme of solar energy distribution

5. Thermosyphon water heater

Passive systems rely on the natural tendency for hot water to rise (known as thermosiphoning systems). These systems are among the least costly and have no moving parts that may wear out over time. The simplest system, known as a batch or «breadbox» water heater, is something the average do-it-yourselfer can construct at minimal cost. Passive systems consist of a collector, usually a glazed box with a metal tank or piping the inside of which is painted black, and a storage tank, which can be an existing water heater.

The water is heated passively by solar energy and relies on heat energy being transferred from the sun to a solar collector that is usually installed on the roof. [1]

There are different types of solar collectors — unglazed, flat plate, evacuated tubes, etc., each one is suited for a certain temperature range. [4]

The main advantage of a thermosyphon solar water heating system is the fact that hot water rises and cool water sinks. As water is heated it expands and so, as gravity pulls

down the relatively heavier cool water parts, the warmer parts rise up. That’s why these kind of solar thermal systems is the most popular in Europe. Such a system offers the advantage that no pump or controller is required to run everything and so it is very simple and less liable to failure.

However, these systems do always need a high capacity component to match demand of energy production to make it possible to use domestic hot water at night.

6. Pumped hot water system

Active systems rely on pumps which circulate water or other liquid through a solar collector. The hot water from the solar collector is usually stored in a typical water heater, which functions as a backup system when the sun is not shining. Although these systems tend to be more expensive, they have higher efficiencies that usually offset the higher initial cost.

Solar circulating pumps ensure that residential and commercial water heating systems always have a ready supply of

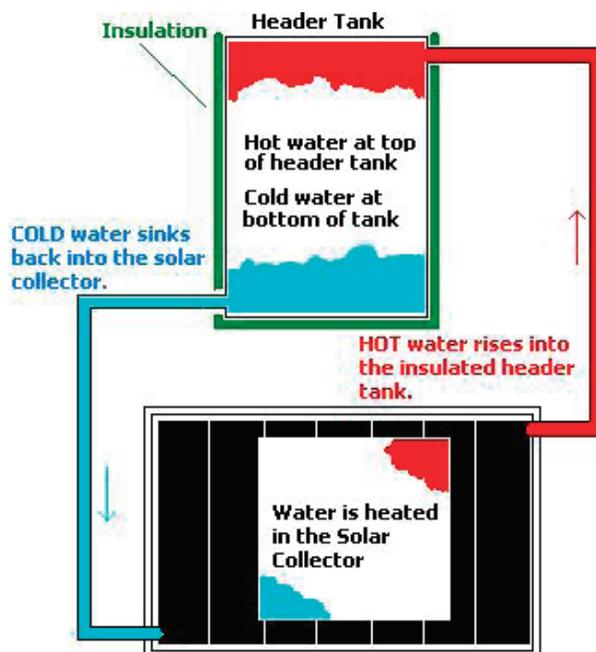


Figure 2. Principle of thermosyphon solar water heating system operation

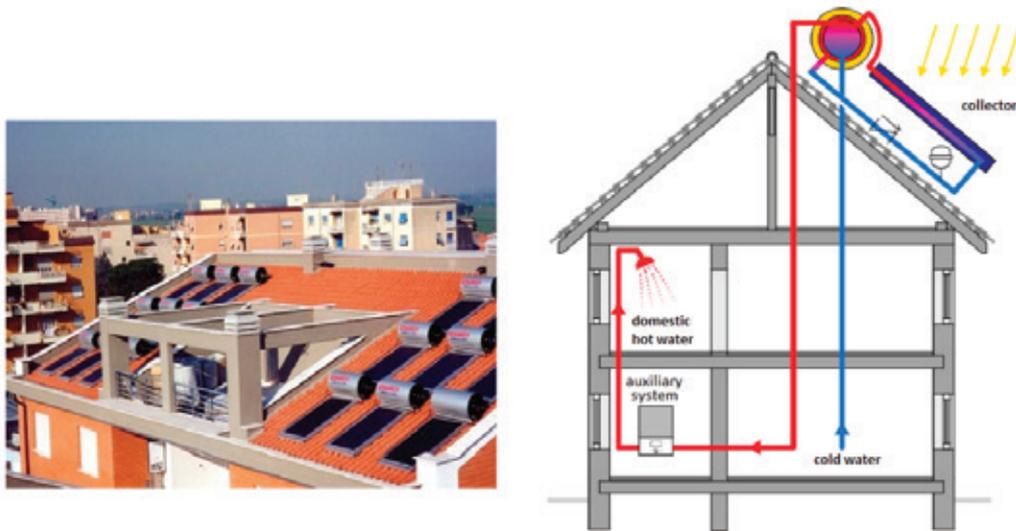


Figure 3. Typical scheme of thermosyphon solar water heating system installation

hot water, there is no waiting for hot water to reach the faucet as it circulates continuously around the pipes. [3]. This saves energy in that's why you don't have to leave the tap run-

ning as you wait, it also saves water. However, the fact that the pipes are constantly hot results in energy loss, while the pump itself consumes energy.

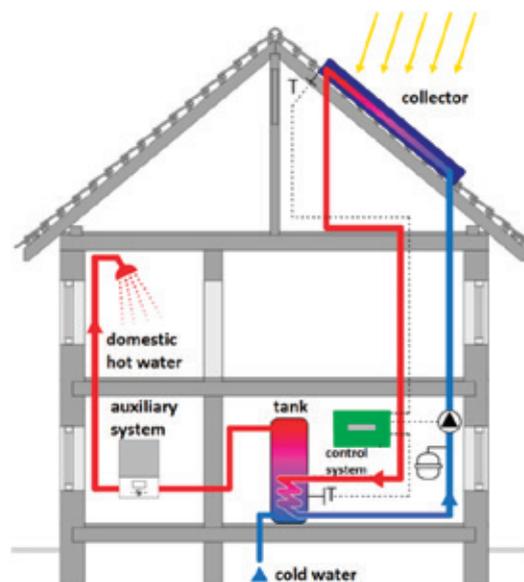


Figure 4. Typical scheme of pumped hot water system installation

In solar circulating systems, the original source of power to turn the axis of a centrifugal pump comes from the sun.

A pump water heater consists of an insulated storage tank and a heating module. The heating module must be installed outdoors, but there are options to install the storage tank either outdoors with the heating module, or indoors separated from the heating module by up to 4 metres. Heat pumps draw less electricity than a traditional electric storage water heater, and in doing so, are more energy efficient. They do take longer to heat water, so consider a larger tank capacity to ensure you have enough hot water when you need it. [3]

Generally, the material used to manufacture circulating pumps depends on the system; closed loops that don't re-

ceive fresh water regularly are made of cast iron components to protect the pipes from corrosion caused by deoxygenated water. Bronze is typically used to make the pipes in circulating pump systems that receive a fresh supply of oxygenated, potable water.

7. Conclusion

Change in global climate and increasing prices of conventional fuel supply have lead to development in solar energy technology, which are non-conventional energy technology. The installation of solar thermal equipment is growing rapidly due to increasing demand of thermal energy. Thermo-

syphon solar water heating systems are more popular to install because of its low price. However, pumped hot water system can afford using domestic hot water without waiting and there is no need to install a high capacity component.

References:

1. W. Hoffman, PV Solar Electricity Industry: Market Growth & Perspective, Solar Energy Materials & Solar Cells 90, 2006.
2. J. Duffie, W. Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, 2nd Ed., John Wiley.
3. J. Chaves, H-M. Henning, M. Motta, D. Mugnier, Solar Cooling Handbook, 3rd Ed., AMBRA/V.
4. Nitin P. Gulhane ., Kaustubh V., Chavan . Thermal Solar Collectors System (International Journal of Current Engineering and Technology ISSN 2277–4106).
5. Soteris A., Kalogirou. Solar thermal collectors and applications, Progress in Energy and Combustion Science 30, 2004.
6. Renewable Energy World 02/2004. pp. 95–99.
7. Renewable Energy World 06/2003 pp. 109–113.
8. Michael Kanellos, How Solar Thermal Could Move Into Homes June 17, 2009.
9. Tim Merrigan. National Renewable Energy Laboratory. Solar Thermal Systems Analysis.
10. Dincer I. Energy and environmental impacts: present and future perspectives. Energy Sources, 1998; 20 (4/5): 427–53.
11. Duffie J. A., Beckman W. A. Solar engineering of thermal processes. New York: Wiley. 1991.
12. Klein S. A. Calculation of flat plate collector loss coefficients. Solar Energy 1975. pp. 79–80.
13. Romero M, Buck R, Pacheco J. E. An update on solar central receiver systems projects and technologies. J Solar Energy Engng 2002.
14. Meinel A. B., Meinel M. P. Applied solar energy: an introduction. Reading, MA: Addison-Wesley; 1976.
15. Sayigh A. A. W. Renewable energy: global progress and examples., WREN 2001; pp. 15–17.
16. SERI. Power from the Sun: principles of high temperature solar thermal technology; 1987.
17. Dincer I. Renewable energy, environment and sustainable development. Proceedings of the World Renewable Energy Congress V, Florence, Italy; 1998.
18. Rosen M. A. The role of energy efficiency in sustainable development. Technology Society 1996; pp. 6–21.
19. Colombo U. Development and the global environment. In: Hollander JM, editor. The energy-environment connection. Washington: Island Press; 1992; pp. 3–14.
20. Kreider J. F, Kreith F. Solar energy handbook. New York: McGraw-Hill; 1981.
21. TRNSYS Program Manual. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison, USA; 1996.
22. Morrison G, Wood B. Packaged solar water heating technology: twenty years of progress. Proceedings of ISES Solar World Congress on CD-ROM, Jerusalem, Israel; 1999.
23. Gupta G. L., Garg H. P. System design in solar water heaters with natural circulation. Solar Energy 1968; 12; pp. 163.
24. Ong K. S. A finite difference method to evaluate the thermal performance of a solar water heater. Solar Energy 1974; 16; pp. 137.
25. Ong K. S. An improved computer program for the thermal performance of a solar water heater. Solar Energy 1976; 18; pp. 183–191.
26. Kudish A. I., Santamaura P., Beaufort P. Direct measurement and analysis of thermosyphon flow. Solar Energy 1985; 35; pp. 167–68.
27. Morrison G. L., Braun J. E. System modelling and operation characteristics of thermosyphon solar water heaters. Solar Energy 1985; 34; pp. 389–405.
28. Hobson P. A, Norton B. A design monogram for direct thermosyphon solar energy water heaters. Solar Energy 1989; 43: 89–95.
29. Shariah A. M., Shalabi B. Optimal design for a thermosyphon solar water heater. Renewable Energy 1997; 11: 351–61.
30. Tripanagnostopoulos Y., Souliotis M., Nousia Th. CPC type integrated collector storage systems. Solar Energy 2002; 72 (4): 327–50.
31. Kalogirou S. Design, construction, performance evaluation, and economic analysis of an integrated collector storage system. Renewable Energy 1997; pp. 179–92.
32. Kreith F., Kreider J. F. Principles of solar engineering. New York: McGraw-Hill; 1978.
33. Anderson B. Solar energy: fundamentals in building design. New York: McGraw-Hill; 1977.
34. Morrison G. L. Solar collectors. In: Gordon J, editor. Solarenergy: the state of the art. Germany: ISES; 2001; pp. 145–221.
35. TRNSYS Program Manual. Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin, Madison, USA; 1996.

Обоснование потребности в проведении промысловых исследований при эксплуатации скважин с забойным давлением ниже давления насыщения в условиях Чинаревского нефтегазоконденсатного месторождения

Тулемисова Самал Сериккызы, магистрант;

Нургалиев Бекман Серикболович, магистрант;

Ахметжан Самал Закиевна, кандидат технических наук

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана (г. Уральск)

В связи со слабой изученностью влияния снижения забойного давления ниже давления насыщения на работу добывающих скважин и пластов необходимо проводить комплексные промысловые исследования, что, в последующем, позволит качественно проводить контроль и управлять за процессом разработки месторождения, в целом.

Ключевые слова: коэффициент продуктивности, призабойная зона пласта, фильтрационно-емкостные свойства, продуктивность, забойное давление, давление насыщения.

Основанием для проведения промысловых исследований явилось то, что продуктивные горизонты турнейского яруса разрабатываются на режиме истощения без поддержания пластового давления по причине отставания ввода нагнетательных скважин под закачку. В процессе эксплуатации, наблюдалось снижение устьевых давлений и дебитов, что, в основном, было связано с падением пластового давления. Для поддержания дебитов скважин и добычи нефти на относительно стабильном уровне в фонтанных скважинах подключали газовые интервалы и переводили на внутрискважинный газлифт, скважины эксплуатировали при требуемых депрессиях, и проводили мероприятия по интенсификации притока. При эксплуатации скважин с падением пластового давления для обеспечения планируемых дебитов забойные давления снижались ниже давления насыщения, и по результатам исследований МУО, проведенных в скважине 30, было установлено, что имеет место снижения коэффициента продуктивности. В связи со слабой изученностью влияния снижения забойного давления ниже давления насыщения на работу добывающих скважин и пластов необходимо проводить комплексные промысловые исследования, что, в последующем, позволит качественно проводить контроль и управлять за процессом разработки месторождения, в целом. [1]

Коэффициент продуктивности и причины, способствующие его снижению коэффициентом продуктивности добывающей скважины понимается отношение ее дебита к перепаду между пластовым и забойным давлением, соответствующими этому дебиту. В процессе бурения, освоения и эксплуатации добывающих скважин происходит снижение продуктивности [2] вследствие ухудшения фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) в околоскважинной или призабойной зоне скважин (ПЗС).

Под ПЗС понимается определенный объем пласта, вскрытый данной скважиной и примыкающий к ней, в котором потери энергии на движение флюида существенны. Размеры этой зоны определяются радиусом, отсчитыва-

емым от оси скважины, а ее физические характеристики, такие как коэффициент проницаемости, подвижности, проводимости, пьезопроводности и др., обусловлены не только фильтрационно-емкостными параметрами коллектора, но и процессами, протекающими в ней, начиная от первичного вскрытия. При эксплуатации скважины состояние призабойной зоны постоянно изменяется не только вследствие природных явлений, но и за счет целенаправленной деятельности человека, предусматривающей увеличение дебитов добывающих скважин или приемистости нагнетательных, что связано с решением сложных задач интенсификации выработки запасов.

Состояние ПЗС оказывает существенное влияние на гидродинамику всего пласта и продуктивность скважин и имеет определяющее значение, так как ее физические свойства иногда существенно изменены по сравнению с удаленной зоной пласта.

Исследованиями техногенных процессов, протекающих в пласте, занимались многие ученые: Горбунов А. Т., Кондратюк А. Т., Ибрагимов Л. Х., Михайлов Н. Н., Мищенко И. Т. и другие.

При большом многообразии прискважинных процессов, имеется определенная общность механизма ухудшения фильтрационных свойств пласта. Основной механизм поражения пласта в прискважинной области — это блокировка части внутрискважинного пространства твердыми частицами и флюидами и деформация скелета пористой среды под действием депрессии в призабойной зоне добывающих скважин. Указанный механизм ухудшения фильтрационных свойств пласта лежит в основе снижения проницаемости системы и оказывает существенное влияние на добычные возможности скважин.

В условиях эксплуатации скважин при снижении давления, параметры призабойной зоны можно оценить на основе лабораторных, гидродинамических и геофизических исследований.

Достаточный полный учет техногенных процессов позволит повысить надежность оценки показателей разра-

ботки при прогнозировании извлекаемых запасов и обосновании технологий интенсификации добычи нефти и повышении нефтеотдачи пластов.

В.Д. Лысенко в работе [3] кратко изложена суть научных публикаций, посвященных зависимости коэффициента продуктивности скважин от забойного давления, установленной по результатам промысловых исследований.

По данным исследований методом установившихся отборов (МУО) многих добывающих скважин на Ромашкинском нефтяном месторождении и других месторождений в Татарии, на нефтяных месторождениях в Башкирии, и на нефтяном месторождении Узень в Казахстане была выявлена четкая зависимость снижения коэффициента продуктивности по нефти от снижения забойного давления ниже давления насыщения, причем степень снижения коэффициента продуктивности, наблюдавшаяся по скважинам месторождения Узень, оказалась в пять раз выше, чем по скважинам Ромашкинского месторождения.

Снижение коэффициента продуктивности по нефти происходило за недели и месяцы, поэтому для обнаружения этого явления необходимо проводить исследования добывающих скважин по методу установившихся отборов в течение довольно продолжительного времени, и необходимо учесть в технологии проведения исследований.

По аналогии со временем восстановления (установления) давления на забое скважины существует время восстановления (установления) коэффициента продуктивности скважины при заданном забойном давлении, причем время восстановления продуктивности превышает время восстановления давления.

Снижение продуктивности по нефти связано с ее разгазированием — с выделением из жидкости (из нефти) газообразных и твердых частиц, с нарушением первоначальных пластовых условий и выпадением из пластовой воды солей. На месторождении Узень (Г.Р. Требиным и другими) в период широкого распространения режима истощения было установлено, что при разгазировании нефти происходило незначительное снижение ее парафиносодержания, однако постепенно осадок парафина накапливался в пластах вблизи забоев добывающих скважин и резко снижал их продуктивность. [4]

С энергетической точки зрения существует вполне определенное забойное давление ниже давления насыщения, при котором достигается максимальный дебит нефти. Отклонение забойного давления в ту или иную сторону от его рациональной величины приводит к снижению дебита нефти.

Величина рационального забойного давления прямо связана с конкретной величиной a — коэффициентом снижения продуктивности.

При забойном давлении ниже давления насыщения $P_{заб} < P_{нас}$ коэффициент продуктивности ниже той величины $h_0 < h$, что существует при забойном давлении, равном или выше давления насыщения. Эта зависимость коэффициента продуктивности от забойного давления представляет следующей формулой:

$$\eta = \eta_0 * e^{-\alpha * (P_{нас} - P_{заб})} \text{ при } P_{нас} > P_{заб},$$

$$\text{где } h_0 \text{ и } h \text{ в } \frac{T}{сут * ат}, P_{нас} \text{ и } P_{заб} \text{ в ат, } a \text{ в } 1/ат$$

Отсюда получается формула коэффициента снижения продуктивности:

$$\alpha = \frac{1}{P_{нас} - P_{заб}} * \text{Ln} \frac{\eta_0}{\eta}.$$

Для девонских пластов Ромашкинского нефтяного месторождения этот коэффициент оказался равным $a = 0,007 1/ат$, а для продуктивных пластов месторождения Узень равным $0,035 1/ат$, т.е. в пять раз больше или в пять раз хуже.

По фактическим данным по большому числу скважин месторождения Узень было установлено очень важное обстоятельство: процесс изменения коэффициента продуктивности скважины при изменении ее забойного давления является обратимым — идет как в прямом, так и в обратном направлении — после снижения коэффициента продуктивности при снижении забойного давления может быть его повышение при соответствующем повышении забойного давления. Отличие (несовпадение) прямого и обратного ходов процесса (явление гистерезиса) не наблюдалось, что, вероятно было обусловлено тем, что рассмотренные факты были, в основном, не из первого цикла снижения-повышения, а из последующих циклов снижения-повышения.

По фактическим данным по многим скважинам месторождения Узень были выявлены экстремальные точки с максимальным дебитом нефти и последующее их снижение, несмотря на снижение забойного давления ниже давления насыщения и увеличение депрессии. Это происходило потому, что для увеличения дебита нефти увеличивали расчетную производительность глубинных насосов, однако происходило не увеличение, а наоборот, уменьшение дебита нефти. Глубинные насосы работают очень жестко, и в первое время их дебит нефти действительно увеличивался, но затем постепенно коэффициент продуктивности снижался и снижался дебит нефти. Процесс катастрофического падения дебита нефти только потому не доходил до своего предела, что ухудшалась работа самих глубинных насосов (выделившийся из нефти газ снижает их коэффициент наполнения) и увеличивалась обводненность отбираемой жидкости.

При обводнении добывающих скважин по мере увеличения обводненности отбираемой жидкости затруднялось определение снижения коэффициентов продуктивности по нефти. Это было связано с неточностью определения обводненности жидкости. Чем выше обводненность жидкости, тем меньше коэффициент продуктивности по нефти влияет на коэффициент продуктивности по жидкости, тем труднее по изменению дебита жидкости судить об изменении дебита по нефти. При определенной (обычно очень

большой) обводненности жидкости экстремальная точка максимального дебита жидкости оказывалась недостижимой, поскольку экстремальная величина забойного давления снижалась до нуля и ниже.

По обводняющимся добывающим скважинам при снижении забойного давления ниже давления насыщения происходило снижение коэффициента продуктивности по нефти, но коэффициент продуктивности по воде оставался неизменным, соответственно происходило искусственное (не связанное с выработкой запасов нефти) увеличение обводненности добываемой нефти.

Литература:

1. Технологическая схема разработки нефтяных залежей месторождения Чинаревское. АО «НИПИнефтегаз». Актау/Уральск, 2008. — 61 с.
2. Мищенко, И. Т. Выбор способа эксплуатации скважин нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами. / И. Т. Мищенко, Т. Б. Бравичева, А. И. Ермолаев. — М.: ФГУП Из-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2005 г. — 220 с.
3. Лысенко, В. Д. Разработка нефтяных месторождений (теория и практика). / В. Д. Лысенко // Москва.: Недра, 1996. — 303 с.
4. Закиров., А. А. Особенности изменения параметров пласта и пластовых флюидов в зависимости от динамики пластового давления / А. А. Закиров // АК «Узгеобурнефтегаздобыча», Нефтепромысловое дело 6/2005. — 242 с.

Модельная поддержка натуральных испытаний технологических процессов

Туляганов Зоҳиджон Якубджанович, ассистент

Ташкентский государственный технический университет имени Абу Райхана Беруни (Узбекистан)

Технологические процессы промышленных производств в соответствии с требованиями наблюдаемости обслуживаются информационными системами контроля, управления, исследования, диагностики, проектирования и испытания технических средств. Улучшение наблюдаемости методами прямых и косвенных измерений в сочетании с методами автоматизированного проектирования и способами интерпретации наблюдений обеспечивают информационную основу для достижения нового качества функционирования технологических объектов промышленных производств.

Сложность современных технических систем и комплексов, средств обеспечивающих экспериментальную отработку объектов, организационной структуры экспериментов и связанные с этим трудности перестройки экспериментов в процессе их реализации делают необходимым проведение ряда мероприятий по повышению эффективности этого этапа создания аппаратуры.

Один из путей решения этой задачи — широкое привлечение методов моделирования к натурным экспериментам с целью получения в ограниченное время результатов из минимального объема экспериментальных данных [1].

На рис. 1 приведена качественная зависимость относительных показателей трудоемкости (Т) натуральных испытаний (график 1), моделирования процессов испытаний

Поэтому с увеличением обводненности при определении рационального снижения забойного давления добывающих скважин необходимо точно определять обводненность жидкости и судить по дебиту нефти, искать экстремальную точку с максимальным дебитом нефти.

Исходя из вышеизложенного, следует, что по добывающим скважинам для установления рациональных дебитов нефти и рациональных забойных давлений необходимо учитывать закономерность снижения коэффициента продуктивности при снижении забойного давления ниже давления насыщения в условиях данного месторождения.

(график 3) и натуральных экспериментов с модельной поддержкой (график 2) от относительной сложности (S) объекта испытаний. Можно отметить, что модельная поддержка позволяет в 1,5–2 раза уменьшить трудоемкость натуральных экспериментов [2].

Поэтому в натуральных испытаниях приходится создавать некоторую имитационную обстановку. В этих случаях полнота и достоверность получаемого экспериментального материала могут быть гарантированы при привлечении к исследованиям организационную схему экспериментальных исследований, которые в общем случае должны проводиться в следующем порядке:

- разработка модели систем натурального эксперимента;
- составление программ и проведение моделирования для отработки плана экспериментов и их оптимизации;
- натуральный эксперимент в имитационной обстановке;
- уточнение на основе экспериментальных данных разработанной модели и программ моделирования;
- модельная поддержка для увеличения объема статистических данных и прогнозирования результатов натуральных испытаний;
- разработка модели системы натурального эксперимента и составление программ моделирования с учетом реальных условий функционирования объекта;

- разработка методов переноса результатов, получаемых в процессе моделирования, на реальные условия функционирования объекта;

- оценка эффективности функционирования объекта в реальных условиях.

Вне зависимости от вида моделирования и помимо работ, связанных с постановкой задачи, выбором критериев оценки и методов оптимизации, реализации моделей в виде программ или схем моделирования, их отладки и собственно моделирования, важнейшей задачей является разработка моделей, объективно отражающих процессы, подлежащие изучению.

Таким образом, применение методов моделирования зачастую позволяет существенно сократить материальные затраты и сократить сроки натурных испытаний. При этом имеется возможность изучать свойства исследуемого объекта в широкой области изменения условий работы, что достигается вариацией параметров модели [3].

Однако всякая модель отражает динамику работы реальной системы приближенно, с некоторыми допущениями. Поэтому оценки характеристик системы, рассчитанные только с использованием результатов моделирования, даже при бесконечном числе модельных экспериментов будут смещенными. В общем случае величина этого смещения будет зависеть как от качества априорных сведений о структуре и параметрах реального объекта, так и от объема натурных испытаний.

В зависимости от того, какие сведения преобладают в описании моделируемой системы, различают модели функционирующих и проектируемых систем. Применительно к системам натурных испытаний мало изучен вопрос разработки моделей проектируемых систем, т.е. когда известны предполагаемая структура системы и данные о функционировании ее отдельных элементов, но отсутствуют данные о функционировании системы в целом.

Имеется ряд трудностей, возникающих при создании систем натурального эксперимента, поскольку при этом приходится использовать количественные оценки в условиях информационной недостаточности, оценки эффективности и оптимизации при избыточности определяющих факторов, анализировать результаты с учетом работы коллектива экспериментаторов. Эти трудности проявляются на всех направлениях исследований (анализ способов построения и использования моделей, определение необходимых характеристик используемых устройств, оценка характеристик выполнения операции, выбор и оценка показателей функционирования).

Методы моделирования, используемые для проведения такого рода исследований, должны постоянно совершенствоваться в связи с возрастающими требованиями к точности и оперативности выполнения анализа.

Применительно к натурным испытаниям при моделировании возникает необходимость более полной имитации внешней обстановки, создания комплекса программных и технических средств с учетом эргономических требований, решения задач автоматической разработки и отладки программ вычислительной системы.

Повышение эффективности исследований связано не только с совершенствованием процессов моделирования и натурных испытаний, но и с правильным их сочетанием. Основой этого является сближение принципов имитации внешней обстановки, объекта управления и основных систем.

При таком подходе вопрос о проведении эксперимента в лабораторных или реальных условиях решают, исходя из экономических ограничений с учетом возможностей экспериментальной базы. Предельным случаем является разработка систем, функционирующих в условиях, которые невозможно имитировать в лабораторных условиях.

Повышение эффективности процесса моделирования систем натурального эксперимента связано как с увеличе-

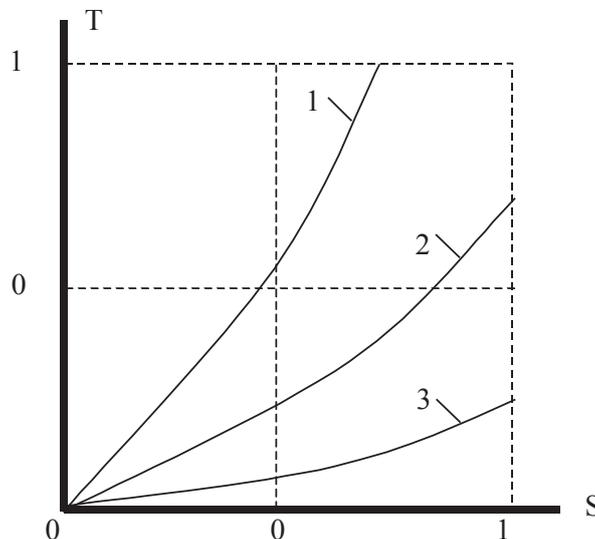


Рис. 1. Относительные показатели трудоемкости натурных испытаний

нием числа учитываемых факторов, так и с расширением круга решаемых задач за счет внедрения современных методов построения моделирующих алгоритмов, планирования экспериментов для оценки и оптимизации показателей, синтеза структуры и прогнозирования характеристик за счет внедрения более совершенных аппаратных и программных средств сопряжения моделирующих комплексов с вычислительной техникой [4].

Решение задачи совершенствования процесса натурных испытаний во многом зависит от возможностей технической базы, мощность которой ориентировочно может быть оценена из выражения:

$$E = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Phi_{ij},$$

где n — число решаемых задач; m — число вариантов в задаче; Φ_{ij} — число учитываемых факторов при решении j -го варианта в i -ой задаче.

Производительность технической базы может быть определена отношением располагаемой мощности E к мощности E_1 технической базы, обеспечивающей проведение полного объема исследований (с максимальным числом решаемых задач и учитываемых факторов):

$$E / E_1, \text{ где } E_1 = \sum_{j=1}^m \max_i \Phi_{ij}.$$

Модельная поддержка натурных испытаний позволяет решать задачи, которые не решаются традиционными методами. При испытаниях сложных технических систем, несущих значительный объем разнотипной информации,

моделирование позволяет скомплексировать реальную аппаратуру, произвести ее сопряжение и совместную отладку в условиях, близких к реальным, обеспечить функционирование моделей, отражающих отдельные этапы испытаний, реализовать натурную обстановку.

Моделирование систем натурных испытаний можно условно разделить на модельное обеспечение отдельных экспериментов и натурных испытаний в целом. Задачи первого вида моделирования — проверка корректности задания на проведение эксперимента, формирование прототипа эксперимента, тренировка экспериментаторов, отработка синхронной работы технических средств, прогноз результатов и т.д. В том случае моделирование является инструментом для анализа возможных отказов, определения характеристик исследуемого объекта с учетом результатов эксперимента, корректировки и проверки адекватности модели реальному процессу и т.п.

Модельная поддержка натурных экспериментов в целом — определение статистических характеристик объекта, которые не могут быть выявлены по результатам натурных работ (функционирование в критических ситуациях), а также статистических характеристик натурно-модельных оценок. Естественно, что последнюю задачу можно решить лишь с помощью так называемого натурно-модельного эксперимента, который представляет собой спланированный и скоординированный в методическом, техническом и организационном отношениях процесс, объединяющий результаты натурных испытаний и моделирования. Такой способ проведения предполагает их органическое сочетание в реальном масштабе времени.

Литература:

1. Алексеев, Е.Р. SciLab: Решение инженерных и математических задач / Е.Р. Алексеев, О.В. Чеснокова, Е.А. Рудченко. — М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2008. — 260 с.
2. Алямовский, А.А. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / [А. А. Алямовский, А. А. Собачкин, Е. В. Одинцов и др.]. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 800 с.
3. Бабич, М.Д. Вычислительный эксперимент в проблеме оптимизации вычислений. I / М.Д. Бабич, В.К. Задирака, И.В. Сергиенко // Кибернетика и системный анализ. — 1999. — № 1. — с. 51–63.
4. А.Ф. Верлань, Б.Б. Абдусатаров, А.А. Игнатченко, Н.А. Максимович. Методы и устройства интерпретации экспериментальных зависимостей при исследовании и контроле энергетических процессов / — К.: Наукова думка, 1993. — 208 с.

Современное состояние вопроса диагностики силовых трансформаторов в зарубежных странах

Тюрюмина Анастасия Владимировна, аспирант;

Батрак Андрей Петрович, кандидат технических наук, доцент;

Виктор Степанович Секацкий, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой
Сибирский федеральный университет

Данная статья содержит информацию о системе менеджмента состояния силовых трансформаторов в зарубежных странах, как одного из самых важных и дорогих элементов в системе распределения энергии.

Ключевые слова: диагностика, трансформаторы, техническое состояние.

В зарубежных странах, как и в России, силовые трансформаторы играют ключевую роль в системе распределения электрической энергии, однако, многие из них были установлены 30 и более лет назад. Было установ-

лено, что по достижению трансформатором возраста 50 лет количество его отказов возрастает до 50%. Была построена соответствующая кривая, график приведен на рисунке 1.



Рис. 1. Частота повреждений трансформатора как функция от срока эксплуатации [1]

В силу того, что силовые трансформаторы являются одним из наиболее дорогостоящих элементов, поэтому в большинстве случаев принимается решение продолжать эксплуатировать трансформаторы с большим сроком эксплуатации. Поэтому становятся крайне актуальными вопросы поиска новых подходов и методов мониторинга, диагностики, оценки состояния, технического обслуживания, ремонта и оценки возможности продления срока службы эксплуатации этих трансформаторов без потери надежности.

На рисунке 2 в общем виде представлена схема система менеджмента состояния трансформаторов в зарубежных странах, включающая:

- мониторинг состояния;
- планы выполнения технического обслуживания и ремонта;

– оценку старения и срока эксплуатации.

Каждая составляющая будет рассмотрена далее.

Старения является неотъемлемой частью эксплуатации оборудования и определяется как комплексные и необратимые изменения свойств ввиду влияния одного или нескольких факторов. Установлено, что именно система изоляции претерпевает наибольшее изменения в процессе эксплуатации трансформатора. Рисунок 3 демонстрирует факторы старения и вызванные ими механизмы старения изоляции.

Для контроля технического состояния трансформатора, в том числе процессов старения изоляции, применяется мониторинг состояния, который связан с применением и разработкой специального оборудования и методов и направлен на определение зарождающихся повреждений в трансформаторе, которые могут образо-



Рис. 2. Система менеджмента состояния трансформаторов [2]

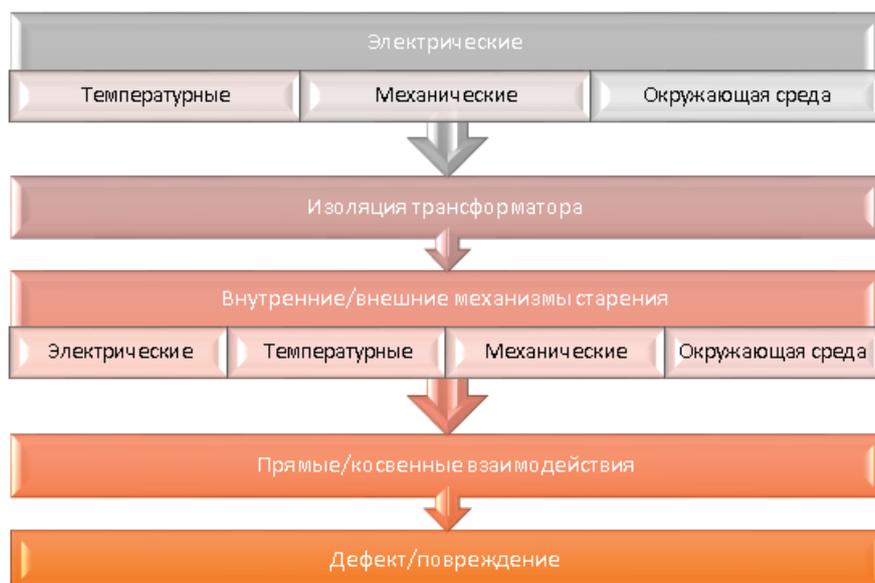


Рис. 3. Факторы и механизмы старения изоляции [2]

ваться во время его эксплуатации ввиду старения элементов трансформаторов. Некоторые из зарождающихся повреждений могут быть определены во время планового технического обслуживания. Однако, большинство из них могут произойти в промежутках между проверками.

Внедрение данной системы имеет следующий достоинства уменьшение затрат на ремонт ввиду определения повреждений на ранней стадии, уменьшение вероятности полного выхода оборудования из строя, определение причин возникновения повреждений.

С другой стороны, существует множество препятствий на пути внедрения сданной системы, среди которых высокая стоимость мониторинга и необходимого для его проведения оборудования, увеличение сложности систем контроля и коммуникации, необходимость применения новых и высокоскоростных систем обработки поступающей информации, необходимость в организации мест хранения полученных данных.

На рисунке 4 приведены типы планов технического обслуживания (стратегий ремонта). Определения, а также достоинства и недостатки будут приведены далее.



Рис. 4. Планы (стратегии) технического обслуживания и ремонта

Корректирующее ТО подразумевает выполнение ремонта после повреждения. После того, как стало возможным определять последствия повреждений, данный тип стал использоваться только для определения незначительных дефектов, которые не имеют серьезных последствий на работу, например, повреждения периферии.

Применение такой стратегии экономит трудовые ресурсы, избавляет систему от ненужных отключений в силу уменьшает количества проверок. Однако, она обладает и рядом более важных недостатков, к примеру, тот факт, что некоторые повреждения могут быть неремонтопригодными, если не будут обнаружены на ранней стадии, и могут привести к полному выходу оборудования из строя, то означает потерю дохода, который в некоторых случаях превышает стоимость регулярных проверок.

Целью ремонта и технического обслуживания, основанных на определении надежности, является оптимизация плана технического обслуживания, в основе которого лежит анализ риска. Индекс риска может быть получен как произведения вероятности повреждения на индекс последствий от повреждения. Индекс последствий от каждого повреждения может быть найден исходя из статистических данных о повреждениях такого типа трансформаторов или экспертных оценок. Еще в 2006 г. было доказано, что количество проверок снижается на 50%, а общие затраты уменьшаются на 30–40%. Однако, для внедрения такой системы необходима база данных о повреждениях, полученных от множества трансформаторов, и персонал высокой квалификации для проведения расчетов.

В основе стратегии предупреждающего технического обслуживания проведение ремонта только тогда, когда это необходимо (обнаружены зарождающие повреждения), что позволяет сохранить трудовые затраты, сократить количество отключения оборудования, обеспечить низкую вероятность полного выхода оборудования из строя. Существует два типа: регламентная и стратегия ремонта по техническому состоянию.

Регламентная стратегия основана на проверках и ремонте трансформаторов с определенными интервалами в соответствии с установленным графиком. Она может предотвратить множество повреждений, но при этом вызывает частые отключения оборудования для проведения технического обслуживания, несет трудовые, временные и финансовые затраты, если интервал является слишком коротким. Но при этом, если интервал будет слишком большим, повреждения могут произойти в интервала между проверками и останутся незамеченными до следующего технического обслуживания.

Есть различные подходы к осуществлению данной стратегии: ремонт и техническое обслуживание могут проводиться непрерывно, по расписанию или по запросу. Наиболее широко применяемой является стратегия постоянного мониторинга состояния трансформатора. Другие подходы позволяют уменьшить затраты на мониторинг, что является наиболее значительной проблемой проведения непрерывного мониторинга. Однако, применений стратегии требует быстрой коммуникации данных, эффективного управления, опытного персонала для разработки системы мониторинга, выбора подходящих характеристик для мониторинга и частоты сбора данных. [2]

В России также намечается переход к стратегии технического обслуживания и ремонт по техническому состоянию. Но для этого нужны надежные методы проверки состояния трансформатора в режиме реального времени. [3] Применение существующих на сегодняшний день методов для комплексной диагностики нецелесообразно, требует денежных, трудовых и временных затрат. Одним из аналогов является метод акустической эмиссии [4, 5, 6, 7], к достоинствам которого можно отнести его простоту, дешевизну и применимость к определению нескольких характеристик, экономии времени, возможность проведения проверки в режиме реального времени. [8]

Литература:

1. Metwally, I. A.: Failures, Monitoring, and New Trends of Power Transformers. IEEE POTENTIALS. MAY/JUNE 2011. Digital Object Identifier 10.1109/MPOT.2011.94023
2. Ahmed, E. B. Abu-Elanien, M. M. A. Salama // Asset Management Techniques for Transformers. Electric Power Systems Research. — 2010 P. 456–464.
3. Тюрюмина, А. В., Батрак А. П. // Современное состояние вопроса диагностики силовых трансформаторов. — Материалы V Международной научно-практической конференции «Проблемы теории и практики современной науки». — Москва: издательство «Перо», 2016. — с. 103–106
4. Батрак, А. П., Тюрюмина А. В., Никитина А. В. // Акустический способ экспресс диагностики маслонаполненного энергооборудования. — труды XIII Междунар. молодеж. науч. конф. «Интеллект и наука». — Железногорск: Железногор. филиал СФУ, 2013. с. 144–145.
5. Батрак, А. П., Тюрюмина А. В., Никитина А. В. // Сравнение качественных характеристик трансформаторных масел. — Тяжелое машиностроение. — 2013. — № 3. — с. 41–44.
6. Батрак, А. П., Чупак Т. М., Тюрюмина А. В., Никитина А. В. Акустический анализ свойств трансформаторных масел // Тяжелое машиностроение. — 2014. — № 4–5. с. 45–46.
7. Батрак, А. П., Тюрюмина А. В., Никитина А. В. // Акустическая диагностика как показатель качества свойств трансформаторных масел. — труды XIV Всерос. молодеж. науч. конф. с междунар. уч. «Интеллект и наука». — Железногорск: Железногор. филиал СФУ, 2014. — с. 113–115.

8. Тюрюмина, А. В., Батрак А. П., Секацкий В. С. // Современное состояние вопроса диагностики силовых трансформаторов. — Современные материалы, техника и технологии. — 2015. — № 3 (3). — с. 245–250.

Структурная макронеоднородность и поглощение жидких сред активационно-высоконаполненными компонорами

Фатов Исмоил Исломович, кандидат технических наук, доцент;
Ашуrow Фуркат Бахранович, кандидат технических наук, доцент;
Хужакулов Камолиддин Рамазанович, соискатель, преподаватель;
Норова Дурдона Рузимуратовна, студент
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

При изучении процессов переноса паров химически инертных жидкостей через напряженно-деформированные полимерные пленки установлен факт критической зависимости проницаемости пленок от деформации вследствие катастрофического развития структурной дефектности [1–8]. Показано [4], что изменить общую закономерность переноса среды могут только растягивающие напряжения выше 35% от разрушающего напряжения при растяжении (σ_b). В диапазоне напряжений 0,35% от σ_b возрастает скорость переноса жидкой среды. Установлено, что длительная эксплуатация полимеров под воздействием механических напряжений и агрессивных сред (по величине допустимых деформаций) возможна при действующем напряжении, не превышающем 10–15% от σ_b . Отмечают [9], что защитные свойства полимерных покрытий, испытывающих механические напряжения до 30% от σ_b , можно прогнозировать с достаточной корректностью по данным по проницаемости, полученным с использованием ненапряженных образцов.

Установлено [10], что при растягивающих напряжениях более 15 МПа происходит резкое повышение коэффициентов диффузии неполярных жидкостей (гептана, гексана, керосина) в политетрафторэтилен, что может быть связано нарушением сплошности в микроструктуре материала и образованием микротрещин.

В работе [11] установлено, что для систем полформальдегид-вода при растягивающих напряжениях более 0,35% σ_b характер кривых кинетики диффузии резко меняется: средняя концентрация воды и коэффициент диффузии в образцах полиформальдегида резко увеличиваются.

По мнению авторов [12], роль растягивающих напряжений сводится не к активированию реакции кислотно-каталитической деструкции, а к улучшению взаимодействия агрессивной среды (водных растворов серной кислоты) с химическими активными центрами полимера. В результате деструкции сополимера полиоксиметилена (СПОМ) под действием кислоты дополнительно образуются «молекулярные трещины», причем скорость их роста зависит от скорости распада полимера в кислоте под действием растягивающих напряжений. Энергия ак-

тивации процесса разрушения лопаткообразных образцов и порошков СПОМ практически одинакова (87,8+4 и 79,4+4,2 кДж/моль).

Анализ литературных источников показывает [9–13], что механизм структурной перестройки в цитируемых работах конкретно не рассмотрен, но подразумевают, что жидкость пластифицирует перенапряженную микрону в вершине растущей трещины. Основной особенностью этих исследований являются испытания ненаполненных полимерных материалов в жидких средах при простых видах напряженного состояния (растяжение). Подобные экспериментальные данные для высоконаполненных полимерных композиций практически отсутствуют [14].

Известно [15], что свойства полимеров, сформированных на химически инертных поверхностях наполнителя, отличаются от свойств в объеме. Степень изменения свойств и структуры полимера в граничном слое зависит от химической природы полимера и наполнителя, а также от условий формирования граничного слоя. Экспериментальные данные зависимости деформационно-прочностных, диффузионно-сорбционных и других свойств полимерных композиций от природы, содержания и дисперсности наполнителя, часто связывают с процессами, происходящими на границе раздела фаз, условиями кристаллизации полимерной матрицы на твердой поверхности, замедлением скорости релаксационных процессов и сужению конформационного набора макромолекул вблизи поверхности [16–24]. Часто наблюдаемый в полимерах эффект зависимости прочности от толщины пленки рассматривается как результат влияния поверхности на протекание релаксационных процессов и уровень остаточных напряжений [25, 26].

Таким образом, при объяснении всех этих явлений активная роль отводится селективному влиянию поверхности на процессы, протекающие в граничном слое. При этом не учитывается такой важный фактор как дефектность структуры, возникающая в объеме полимерной композиции в процессе ее переработки в изделия, хотя хорошо известно [15], что введение высокодисперсного наполнителя в полимерную матрицу приводит к возникновению в ней дополнительной структурно-механической

неоднородности, обусловленной формированием рыхлоупакованных межфазных слоев полимера с ограниченной подвижностью.

В настоящее время основное внимание уделяется на методах повышения адгезии на границе раздела фаз и изучении влияния основных свойств полимерной матрицы и наполнителя на эффективность наполнения. Деформационные свойства полимерных материалов, наполненных высокодисперсными частицами, ещё в большей мере чем прочностные свойства, зависят от формы и дисперсности частиц, адгезии и контакта на границе раздела фаз. Выбор оптимальных условий модификации структуры и свойств полимерных материалов высокодисперсными наполнителями определяет улучшение физико-механических, физико-химических и технологических свойств композиционного материала по сравнению с исходным ненаполненным полимером. Однако если изменение структуры и свойств полимерных материалов при наполнении широко изучено [15–24], то вопросам зависимости диффузионно-сорбционных свойств полимерных композитов от характера превращений в структуре при их деформации в воздушной и жидкой среде уделялось мало внимания [27, 28].

Определение коэффициента диффузии (**D**) молекул жидкости в полимерных композитах позволяет выявить специфические особенности процессов взаимодействия конкретного изделия с окружающей его средой, прогнозировать основные термодинамические и механические характеристики материала в усложненных условиях эксплуатации.

Известно, что физико-химическая стойкость полимерных материалов к действию жидких агрессивных сред оценивают по степени набухания образца в данной среде за определенный промежуток времени (ГОСТ 12020–72). Однако этого недостаточно для объективного представления о физико-химической стойкости материала, т.к.

в этом случае существенную роль играет напряженное состояние материала.

Целесообразно различать два вида напряженного состояния полимерного образца [1]: напряженное состояние, обусловленное наличием внутренних напряжений и деформаций, возникших в результате технологических причин или неравномерного набухания полимерного образца; напряженное состояние и деформации, вызванные действием на образец внешних нагрузок, включая явление ориентации макромолекул полимера.

В данной работе излагаются результаты исследования влияния на процессы переноса низкомолекулярных веществ второго типа напряженного состояния полимерных композитов. Приводятся экспериментальные результаты оценки **D** жидких сред в наполненных и ненаполненных термопластах в зависимости от видов напряженного состояния (растяжение, кручение, изгиб).

Объектами исследования служили литьевые образцы полистирола (ПС), ударопрочного полистирола (УПС), полиметилметакрилата (ПММА), а также активационно-высоконаполненные композиты, полученные на основе полиэтилена высокой плотности (ПЭВП), марки 20908–040 (ГОСТ 16338–77) с показателем текучести расплава 3,59 г/10 мин и плотностью 0,945 г/см³. Для наполнения ПЭВП были использованы высокодисперсные наполнители (кальцит, каолин, туф, тальк, графит, цеолит) в количестве 35 и 50 мас.%. Дисперсность частиц наполнителей составляла 7–10 мкм. Образцы с размером 80x5x3 мм (ГОСТ 11262–80) получали из гранул композитов литьем под давлением в соответствии с технологическими режимами, рекомендованными ТУ 6–05–111–283–84. В качестве жидких сред использовали различные по химической природе низкомолекулярные вещества (воды, хлопковое масло, **CCl₄**, о-ксилол, н-гептан, керосин, бензин марки АИ-93), вызывающие набухание по-

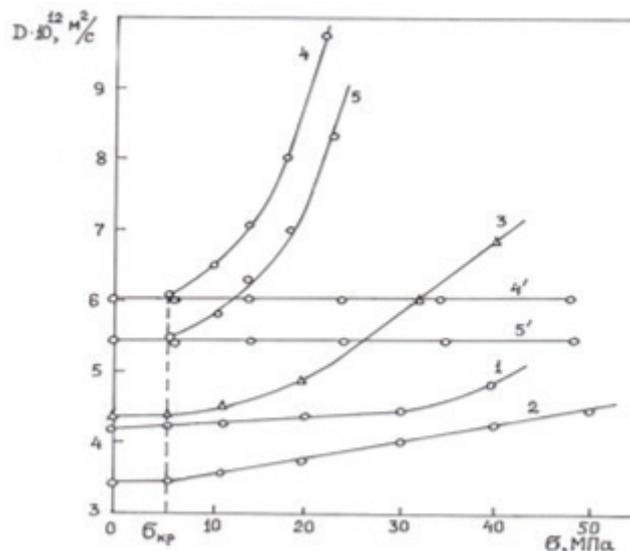


Рис. 1. Зависимость коэффициента диффузии воды в ПММА (1–3), ПС (4,4') и УПС (5,5') при растяжении (1,3,4), изгибе (2) и кручении (4',5'). Температура испытания: 1,2,4,4',5,5'-при 293К. 3-при 313К

лимерной матрицы и химически не взаимодействующие с наполнителями. Установка для испытания на растяжение представляла собой рычажное устройство (улитка Журкова) с восьмикратным плечом. Для испытания ПС, УПС и ПММА, а также компоноров в условиях кручения были изготовлены образцы в форме стержней с двойными головками диаметром рабочей части 2 мм и длиной 25 мм. Величина крутящего момента задавалась грузом, приложенным к вращающемуся диску. Наибольшее касательное напряжение при кручении и изгибе рассчиты-

вали по [29]. Для оценки поглощения жидкости деформированных образцов компоноров, образцы взвешенные на аналитических весах с точностью 10^{-7} кг, закрепляли в зажимах улитки Журкова и погружали в жидкость. Задавая постоянное напряжение, их доводили до разрыва. После разрушения образца или истечения заданного времени его извлекали из жидкости, вынимали из зажимов, просушивали фильтровальной бумагой и вновь взвешивали. Аналогичным образом проводили испытания образцов и в условиях изгиба и кручения. По результатам

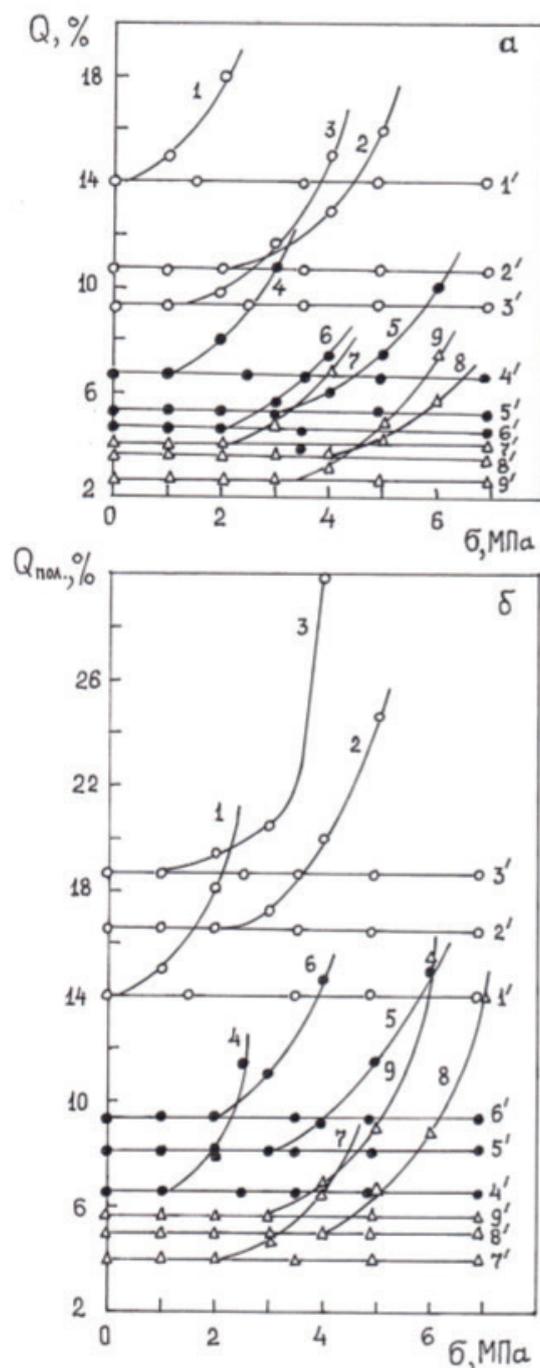


Рис. 2. Зависимость степени набухания образцов ПЭНД (1,4,7), компонора, содержащего 35% CaCO_3 (2,5,8) и 50% CaCO_3 (3,6,9) в CCl_4 (1-3), о-ксилоле (4-6) и н-гептане (7-9) от механического напряжения σ 1-9 — при растяжении; 1'-9' — при кручении. а — экспериментальные результаты; б — степень набухания образцов, рассчитанные на чистый полимер

взвешивания определяли весовое содержание жидкой среды в деформированном образце [30]. По кривым набухания образцов определяли коэффициент диффузии жидкости (рис. 1).

Для каждой среды и исследованных композитов определены «пороговое напряжение», выше которой наблюдается рост D по сравнению с его значением в ненапряженном состоянии.

Установлено, что D сильно зависит от природы полимера, жидкости и напряженного состояния.

Проникновение жидкости в напряженный материал является во многом определяющим фактором, влияющим на структуру и эксплуатационных характеристик полимерных композитов в условиях длительного воздействия среды.

Нормальное (растягивающее) напряжение влияет на сорбционные характеристики компонентов в большей степени, чем касательные напряжения в условиях кручения (рис. 2 а и б). Это объясняется тем, что растягивающая нагрузка на поверхности образца создает сеть микротрещин, в полостях которых адсорбируются молекулы жидкой среды. Развитие микротрещин ускоряет их диффузию, что обуславливает преждевременный разрыв образца в условиях одноосного напряженного состояния. Из-за более высоких уровней напряжения сдвига скорость ползучести при кручении всегда больше, чем при растяжении [31].

Установлено, что в условиях одноосного растяжения D воды имеет максимальное значение для ПС и УПС по сравнению с его значением для ПММА, что касается случая кручения, то значение D при этом не зависит от величины касательного напряжения.

Равновесное набухание компонентов в выбранных жидких средах незначительно (4,0; 3,8 и 2,7% — в гептане, 6,7; 5,3 и 4,7% — в *o*-ксилоле и лишь в CCl_4 — 14,0; 10,8 и 6,7% для ПЭВП, компонентов, содержащих 35 и 50 мас. % кальцита, соответственно) и с ростом содержания наполнителя в полиэтиленовой матрице оно уменьшается, причем химическая природа наполнителя (туф, тальк, графит, кальцит, каолин, цеолит) не оказывает на него существенного влияния. Поэтому говорить об объемной пластификации образцов, видимо, не приходится. Приводимые данные по сорбции относятся, однако, к ненапряженным образцам. Экспериментально найдено (рис. 2 а), что образцы компонентов при растягивающих напряжениях менее некоторой критической величины ($\sigma_{кр}$) набухают в жидкостях значительно меньше чем ПЭВП. При напряжениях больше $\sigma_{кр}$ сорбция жидкости компонентами резко возрастает за счет разрыхления полимерной матрицы. При этом фактор пластификации полимерной матрицы под воздействием жидкой среды возможно, играет свою роль.

Литература:

1. Манин, В.Н., Громов А.Н./ Физико-химическая стойкость полимерных материалов в условиях эксплуатации // Л.: Химия, 1980, 248 с.

В случае длительного влияния растягивающих напряжений жидкая среда проникает вглубь полимерного композиционного материала, способствует облегчению подвижности звеньев и макромолекул, а также структурных образований, что в конечном итоге и обуславливает увеличение деформационных свойств материала. При этом долговременная прочность его в жидких средах снижается. Так, исследования показали [27, 28], что при напряжении 11,8 МПа величина предельной деформации ползучести компонента, содержащего 50 мас. % кальцита, после 140 ч испытания на воздухе составила всего лишь 4,8–5,0%, в то время как в бензине — более 30%. При этом величина сорбции компонентов в бензине увеличивается по сравнению с ненапряженными образцами более чем в два раза и составляет 8,0–8,5%. Столь существенное влияние жидких сред и растягивающих напряжений на величину сорбции и деформацию ползучести полимерных композитов можно объяснить, во-первых, проникновением жидкости в объеме образца и ее влиянием на вновь образующуюся макроструктуру полимера и во-вторых, разрыхлением полимерной матрицы и ослаблением межмолекулярных связей между минеральным наполнителем и связующим.

Известно [24], что при получении полимерных композиционных материалов с высокими прочностными и теплофизическими показателями наполнитель должен быть связан с полимерной матрицей через промежуточную межфазную прослойку. Однако результаты исследования показывают, что практически только некоторая часть поверхности наполнителя контактирует с полимерной матрицей [32, 33]. К тому же, плотность упаковки макромолекул в граничных областях примерно вдвое ниже, чем в остальном объеме неупорядоченной (аморфной) фазы полиэтилена [34]. Это различие должно привести к возрастанию величины набухания наполненных материалов по сравнению с ненаполненными. Действительно, поскольку минеральные наполнители считаются непроницаемыми для молекул жидкости [35], величина равновесного набухания определялась как приращение массы образца в расчете на полимерную часть. Результаты исследования равновесного набухания в выбранных жидкостях при 293 К в течение более 160 ч, в изученном диапазоне содержания наполнителя, показали, что величина Q_n существенно увеличивается (рис. 2 б), причем чем выше содержание наполнителя в полимерной матрице, тем выше Q_n .

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что введение высокодисперсных наполнителей в ПЭВП (компонентах) сопровождается возникновением рыхлоупакованных граничных слоев в неупорядоченных областях, в которых подвижность макромолекул в граничных слоях достаточно сложен и зависит как от условий кристаллизации, так и от природы поверхности и способов переработки.

2. Манин, В. Н., Громов А. Н., Кадыров Б. / Развитие дефектности в полимерных пленках под действием механических напряжений и физически активных сред. // Пластические массы, 1970. № 10. с. 13–14.
3. Манин, В. Н. / О механизме активированной диффузии низкомолекулярных веществ в эластически деформированных телах. // Доклады АН СССР, 1970. Т. 194. № 6. с. 1361–1364.
4. Манин, В. Н., Громов А. Н. / Критическая двумерная деформация растяжения полимеров и механизм проницаемости жидкостей. // Доклады АН СССР, 1972. Т. 206. № 2. с. 414–417.
5. Манин, В. Н., Громов А. Н. / Прогнозирование герметичности пластмасс, находящихся в контакте с химическими реагентами. // Пластические массы, 1970. № 2. с. 68–70.
6. Манин, В. Н., Кондратов А. П., Косарев Ю. С. // Макродефектность и критические характеристики деформирования и разрушения аморфно-кристаллических полимеров в жидких неактивных средах. // Доклады АН СССР, 1979. Т. 246. № 3. с. 653–656.
7. Манин, В. Н., Громов А. Н., Григорьев В. П. / Дефектность и эксплуатационные свойства полимерных материалов. // Л.: Химия, 1986, 184 с.
8. Юров, А. А., Кондратов А. П., Громов А. Н., Манин В. Н. / Движущие силы процесса развития дефектности кристаллических полимеров при вытяжке в жидкости. // Доклады АН СССР, 1988. Т. 302. № 5. с. 1126–1129.
9. Шевченко, А. А. / Научные основы прогнозирования работоспособности полимерных материалов в химическом оборудовании. // Пластические массы, 1983. № 8. с. 34–37.
10. Сарсер, Г. И., Калинин Н. Г. / Влияние напряжений на сорбцию жидких сред фторопластом-4. // ФХММ, 1979. Т. 15. № 6. с. 115–116.
11. Панчевский, Д. П., Попова М. Б., Степанов Р. Д., Шленский О. Ф. / О влиянии напряженного состояния на кинетику диффузии инертных жидкостей в полиформальдегид. // ФХММ, 1973. Т. 9. № 5. с. 37–40.
12. Иванова, Л. В., Заиков Г. Е. / Разрушение сополимера полиоксиметилена под нагрузкой в водных растворах серной кислоты. // Высокомолек. соед. Серия А, 1977. Т. 19. № 3. с. 537–540.
13. Рудакова, Т. Е., Заиков Г. Е. / Взаимодействие полимеров в напряженном состоянии с физически агрессивными средами. // Пластические массы, 1989. № 6. с. 15–23.
14. Хукматов, А. И., Фатоев И. И., Ситамов С. / Диффузия жидких сред в полимерных композиционных материалах в зависимости от вида напряженного состояния. // В сб.: Физика систем с коллективным взаимодействием. Под ред. чл. — корр. АН Респ. Тадж., проф. Ф. Х. Хакимова. Душанбе, 1999. Вып. 1. с. 92–97.
15. Липатов, Ю. С. / Физическая химия наполненных полимеров. // М.: Химия, 1977, 304 с.
16. Соломко, В. П. / Наполненные кристаллизующиеся полимеры. // Киев: Наукова думка, 1980, 264 с.
17. Физико-химия многокомпонентных полимерных систем. / Под ред. Ю. С. Липатова. // Киев: Наукова думка, 1986. Т. 1. 376 с. Т. 2. 384 с.
18. Липатов, Ю. С. / Физико-химические основы наполнения полимеров. // М.: Химия, 1991, 264 с.
19. Малинский, Ю. М. / О влиянии твердой поверхности на процесс релаксации и структурообразования в пристенных слоях полимеров. // Успехи химии, 1970. Т. 39. Вып. 8. с. 1511–1535.
20. Зуев, Ю. С. / Усиление полимеров дисперсными наполнителями. // Высокомолек. соед. Серия А. 1971. Т. 21. № 6. с. 1203–1219.
21. Фабуляк, Ф. Г. / Исследование молекулярной подвижности полимерных цепей в поверхностных слоях в зависимости от природы поверхности. // В кн.: Проблемы полимерных композиционных материалов. Киев: Наукова думка, 1979. с. 28–29.
22. Липатов, Ю. С., Мойся Е. Г., Семенович Г. М. / Исследование плотности упаковки макромолекул в граничных слоях полимеров. // Высокомолек. соед. Серия А, 1977. Т. 19. № 1. с. 125–128.
23. Липатов, Ю. С. / Межфазные явления в полимерах. // Киев: Наукова думка, 1980, 260 с.
24. Менсон Дж., Сперлинг Л. / Полимерные смеси и композиты. // Пер. с англ. Под ред. Ю. К. Годовского. М.: Химия, 1979, 439 с.
25. Зубов, П. И., Сухарева Л. А. / Структура и свойства полимерных покрытий. // М.: Химия, 1982, 256 с.
26. Сухарева, Л. А. / Долговечность полимерных покрытий. // М.: Химия, 1984.
27. Фатоев, И. И., Кондратов А. П., Муров В. А., Громов А. Н., Манин В. Н. / Временная зависимость прочности и ползучести композитов от напряжении в жидких средах. // Известия АН Тадж. ССР, 1986. № 4 (102). с. 34–40.
28. Фатоев, И. И., Кондратов А. П., Громов А. Н., Манин В. Н. / Механические и сорбционные свойства активационно-высоконаполненных полимерных материалов в жидких средах. // Доклады АН Тадж. ССР. 1989. Т. 32. № 3. с. 171–174.
29. Ситамов, С. / Влияние жидких сред на термокинетику разрушения твердых полимеров при сложном напряженном состоянии. // Дисс. к. ф. — м. н. (01.04.14). М.: Московский инс. приборостроения, 1988, 165 с.
30. Фатоев, И. И. / Физико-химическая стойкость активационно-высоконаполненных термопластов в жидких агрессивных средах. // Дисс. к. т. н. (05.17.14). М.: Московский инс. химич. машиностроения, 1989, 155 с.

31. Фатоев, И. И., Ситамов С. / Физико-механические и защитные свойства активационно-высоконаполненных компоноров в жидких агрессивных средах. // Материалы Республ. научно-практ. конф. молодых ученых и специалистов Таджикистана. Ленинабад. ЛГПИ. 1990. с. 108–115.
32. Липатов, Ю. С. / Физико-химия наполненных полимеров. // Киев: Наукова думка, 1967, 233 с.
33. Власова, Н. Н., Матковский П. Е., Сергеев В. И., Агладзе М. Г., Грошева Е. А., Дьячковский Ф. С. / Влияние степени наполнения и свойства наполнителей на деформационно-прочностные свойства синтетических полиэтиленовых композитов. // Высокомолек. соед. Серия А, 1988. Т. 30. № 7. с. 1417–1423.
34. Привалко, В. П., Липатов Ю. С., Хмеленко Г. И. / Структура граничных слоев в наполненном полиэтилене. // Синтез и физико-химия полимеров. Киев: Наукова думка, 1975. Вып. 16. с. 107–111.
35. Рейтлингер, С. А. / Проницаемость полимерных материалов. // М.: Химия, 1974, 272 с.

Разработка состава полимерных композиций на основе сополимера фталимидометилметакрилат с акриловыми мономерами для первичной обработки каракулевых шкур

Хайдаров Ахтам Амонович, преподаватель;
Темирова Матлаб Ибодовна, преподаватель;
Хаитов Ахрор Ахмадович, преподаватель;
Норова Дурдона Рузимуратовна, студент
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Разработаны композиции для первичной обработки каракулевых шкур, содержащие в своем составе фталимидометилметакрилата с акриловыми кислотами, характеризующихся ярко выраженными бактерицидными свойствами, а также их использование, обеспечивает улучшение физико-химических свойств каракуля.

В последние годы в Республике Узбекистан интенсивно развивается технология производств кожи и изготовление различных изделий из нее. Как правило, в технологическом процессе первичной обработки каракуля используется композиции, состоящие из смеси различных солей металлов и органических веществ. Однако, отдельные компоненты, входящие в состав композиции, так например, хлористый цинк и кремнефтористый натрий, которая являются токсичными веществами. В этой связи, замена указанных компонентов на экологически безвредных полимерные материалы и разработка на их основе композиций, пригодных для обработки меха, является весьма актуальной задачей.

В этом аспекте несомненный интерес представляют композиции на основе акриловых полимеров. Это прежде всего обусловлено тем, что полимеры акрилового ряда обладают близостью и совместимостью к основным компонентом шкуры животного. С другой стороны, наличие доступных сырьевых ресурсов располагаемых в Республике (ПО «Навоизот») акриловых мономеров делают их перспективными в практическом отношении.

С целью получения малотоксичных водорастворимых полимеров, обладающих бактерицидными свойствами, синтезированы сополимеры на основе фталимидометилметакрилата (ФИММА) с (мет) акриловыми кислотами (АК, МАК) и их натриевыми солями (Na-АК, Na-МАК). Сополимеризацию осуществляли в растворе диоксиана,

бензола, диметилформамида, этанола и в смеси этанол-вода (4:1) в присутствии инициаторов динитриллазои-зомасляной кислоты при температуре 333–353 К.

Для определения влияния состава исходной смеси сомономеров на процесс сополимеризации, реакцию проводили при различных мольных соотношениях исходных компонентов. В результате удалось получить сополимеры в широком диапазоне соотношений мономеров, что свидетельствует о высокой склонности молекулы ФИММА к сополимеризации.

Установлено, что скорость сополимеризации возрастает с увеличением концентрации ФИММА в исходной смеси мономеров, а характеристическая вязкость растворов, образующихся полимеров, уменьшается. Это объясняется тем, что молекула ФИММА участвует в актах передачи цепи.

Полученные сополимеры представляют собой порошки белого цвета, растворимые в воде и нерастворимые в алифатических углеводородах.

Методика проведения первичной обработки каракулевых шкур зависит от вида сырья и способа консервирования. Правильное проведение отмоки имеет существенное значение для последующих операций: недостаточно отмоченная шкура плохо обрабатывается и полученная из нее кожаная ткань часто бывает сухой и жесткой.

Нами было разработана новая композиция с комплексом практически важных свойств для первичной об-

работки каракуля.. Изучено влияние концентрации сополимеров в составе композиции на физико-механические свойства кожаной ткани каракуля.

Установлено, что увеличение концентрации сополимера в составе композиции благоприятно сказывается на сохранении белковых веществ в составе шкуры, а также приводит, к улучшению их физико-механических свойств. Указанное обстоятельство обусловлено взаимодействием функциональной группы сополимера с поверхностными функциональными группами коллагена.

В связи с разрушением кожевенных материалов под действием микроорганизмов большую актуальность при-

обретает придание им устойчивости к действию различных микроорганизмов.

Решение поставленной задачи может быть достигнуто путем введения биологически активных веществ, в частности фталимидных групп в составе акриловых сополимеров. В связи с этим нами был синтезирован сополимер фталимидометилметакрилата (ФИММА) с (мет) акриловыми кислотами (АК, МАК) обладающие бактерицидными свойствами в составе композиции.

Изучено бактерицидные свойств синтезированных сополимеров и их композиций по отношению различных классов микроорганизмов (табл. 1).

Таблица 1. Влияние антисептиков на развитие микроорганизмов при обводнении невыделанного чистопородного черного каракуля

Композиция содержания в своем составе препараты	Концентрация, г/л	рН раствора	Общее количество микроорганизмов (млн.) в 1см ³ оточного раствора при композиции	Степень обводненности шкур, %			
Цинк хлористый	1,0	4,5–5,3	0,080	0,30	2,05	7,0	67,40
Натрий кремний фторид	0,78	3,5–4,3	0,040	0,10	0,95	5,0	69,46
Тридлон (4,5,6-трихлорбензоксазолинон-2)	0,65	4,3–5,7	0,009	0,004	0,60	3,0	69,73
Сополимер ФИММА: АК	0,025	3,5–4,7	0,009	0,04	0,60	3,0	69,82
Сополимер ФИММА: МАК	0,025	3,7–4,8	0,008	0,03	0,50	2,5	70,43

Из полученных данных эксперимента, установлено, что с увеличением концентрации сополимеров в составе композиции возрастают их антимикробные действия, причем наибольший эффект действия наблюдается при концентрации сополимера равным 0,025 г/л, где диаметр зоны задержки роста микроорганизмов заметно уменьшается.

На основании проведенного исследования, можно прийти к заключению, что композиции, содержащие в своем составе фталимидометилметакрилата с акриловыми кислотами, характеризуются ярко выраженными бактерицидными свойствами пролонгированного действия.

В настоящее время в технологическом процессе первичной обработки каракуля используется композиции,

состоящие из смеси различных солей металлов и органических веществ.

Однако, отдельные компоненты входящие в состав композиции, такие как например хлористый цинк и кремнефтористый натрий являются токсичными веществами. Замена указанных компонентов на экологически приемлемые высокомолекулярные соединения, каким и являются сополимер фталимидометилметакрилата с акриловыми кислотами, открывают широкие перспективы, направленные на создание композиции с комплексом практически важных свойств. В соответствии с этим нами был разработан новый состав композиции (табл. 2).

Таблица 2. Состав композиции для обработки чистопородного черного каракуля

Композиция	Состав композиции, г/л					Сополимер ФИММА с АК, МАК	рН среды
	Хлорид натрия	ПАВ (ОП-10)	Сульфат натрия	Хлористыйцинк	Кремнефтористый натрий		
Традиционная	5,0	1,0	0,5	1,0	0,75	-	4,1–5,1
Разработанная	5,0	1,0	0,5	-	-	0,001–0,025	3,9–5,7

Полученные данные таблиц свидетельствует об эффективности действия синтезированных композиций на процессе первичной обработки, т.е. отточки шкур каракуля. Изучено влияние концентрации сополимеров в составе композиции на физико-механические свойства шкур каракуля.

Влияние концентрации сополимера в составе композиции на физико-механические свойства каракуля показали, что увеличение концентрации сополимеров в составе композиции благоприятно сказывается на со-

хранении белковых веществ в составе шкуры, а также приводят к улучшению их физико-механических свойств. Указанное обстоятельство обуславливается взаимодействием функциональной группы сополимера с поверхностными функциональными группами коллагена.

Таким образом, можно сделать вывод, что использование композиций, содержащих, в своем составе сополимеры фталимидометилметакрилата с акриловыми мономерами, для первичной обработки каракулевых шкур обеспечивает улучшение их комплекс физико-химических свойств.

Литература:

1. И. П. Страхов и др. «Химия и технология кожи и меха» Учебник для вузов-М. Легпромбытиздат, 1985, 496 с.
2. А. Г. Данилкович, В. И. Чурсин «Лабораторный практикум по химии и технологии кожи и меха» Учеб.пособие для вузов-М: ЦНИИКП, 2002—413 с.
3. Г. П. Андрианова, М. С. Шестакова, Д. А. Куциди, А. А. Касьянова, Химия и физика высокомолекулярных соединений в производстве искусственной кожи, кожи и меха. М., Легпромбытиздат, 1987, 464 с.

Реализация адаптивных алгоритмов демпфирования в подвеске автомобиля путем использования регулируемых амортизаторов

Хрипков Михаил Юрьевич, магистрант
Волгоградский государственный технический университет

Ключевые слова: демпфирование колебаний, конструкции амортизаторов, управляемые амортизаторы, алгоритмы работы управляемых амортизаторов.

Первыми гасителями колебаний на автомобильном транспорте были листовые рессоры. Они совмещали в себе одновременно упругие и демпфирующие свойства. Последние обеспечивались трением листов друг о друга и переводом за счет этого кинетической энергии в тепловую. Стоит заметить, что этого демпфирования было вполне достаточно для успешного гашения вертикальных колебаний. Но время не стоит на месте, стали повышаться требования к комфорту и безопасности на автомобильном транспорте. Стали использовать независимые подвески, которые требовали разделения демпфирующего элемента и пружин. Современная тенденция направлена на использование адаптивных алгоритмов в подвеске автотранспортного средства. То есть, подвеска должна подстраиваться под дорожные условия в соответствии с пожеланиями водителя или в автоматическом режиме.

В данной работе будут рассмотрены конструкции регулируемых амортизаторов и амортизационных стоек.

1. Типовая конструкция двухтрубного амортизатора

Для начала хочется осветить типовую конструкцию двухтрубного амортизатора. Современный амортизатор обеспечивает демпфирование за счет того, что прокачи-

вает жидкость через рабочие каналы. Конструкция простейшего гидравлического телескопического амортизатора включает в себя цилиндр, заполненный маслом, и поршень, плотно входящий в него. Цилиндр связан с неподдресоренной массой и прикреплен, как правило, к рычагу или опоре подвески. Поршень перемещается под воздействием штока, другим концом прикреплённого к кузову. Когда подвеска сжимается, шток перемещает поршень, способствуя прокачиванию жидкости через узкие каналы внутри цилиндра. Энергия колебаний переводится в тепловую энергию за счет гидравлического сопротивления в каналах поршня.

На рис. 1. схематично представлено устройство двухтрубного амортизатора. Он состоит из рабочей полости А, поршня 6, установленного на нижнем конце штока 5, донного клапана 9 и направляющей 1 штока, которая также предназначена для установки уплотнения 3 и вместе с поршнем 6 обрабатывает изгибающие моменты, которые возникают при работе амортизатора. Между цилиндром 7 и резервуаром 8 находится компенсационная полость С, которая примерно наполовину заполнена амортизаторной жидкостью. Остальная ее часть служит для восприятия дополнительного объема жидкости вследствие её расширения при нагреве (температура может подниматься

до $+110^{\circ}\text{C}$, а в тропическом климате до $+200^{\circ}\text{C}$), так и объема жидкости, вытесняемой при выдвигании штока.

Жидкость в компенсационной полости должна достигать половины высоты, чтобы предотвратить попадание воздуха в рабочую полость через донный клапан при экстремальных условиях. Эти условия обычно возникают при сильных морозах (до -50°C), если шток выдвинут полностью.

Также стоит отметить наклонное расположение амортизатора в автомобиле, которое приводит к одностороннему понижению уровня масла в компенсационной полости. Поэтому угол наклона двухтрубного амортизатора ограничен относительно вертикали, но он не должен превышать угол в 45° . Это может произойти в случае полного хода сжатия зависимой подвески, если самые верхние точки крепления амортизаторов расположены близко [5].

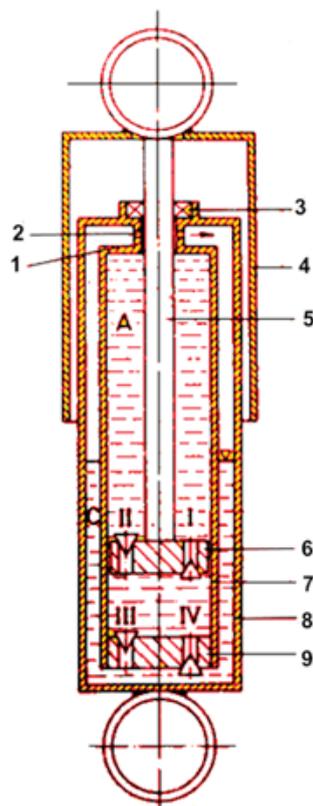


Рис. 1. Схема работы двухтрубного амортизатора

2. Конструкции и принцип действия управляемых амортизаторов

Для настройки амортизаторов более важными являются параметры клапанов, чем конструкция самого амортизатора. Как правило, многие фирмы пытаются упростить как конструкцию поршня, так и всего амортизатора в целом. Например, компания Ohlins в конструкции своих амортизаторов использует всего четыре стандартных диаметра поршня — 28, 36, 44 и 46 мм [2].

В целом все клапаны можно разделить на два типа — дроссели и клапаны, нагруженные пружинами. Первый тип представляет собой каналы специальной формы и сечения, через которые протекание масла ограничивается только их гидравлическим сопротивлением. Чтобы при сжатии и отбое жидкость могла проходить по разным каналам, они перекрываются перепускными клапанами, которые пропускают жидкость только лишь в одном направлении, но не оказывают при этом существенного собственного сопротивления.

Если подпружиненный клапан имеет сечение больше, чем сечение канала, главное сопротивление потоку создается усилиями пружин, перекрывающих канал. В современных амортизаторах их роль выполняет пакет пружинных шайб, надетых на шток вместе с поршнем. Задавая толщину, диаметр и число шайб в пакете, можно менять характеристику работы клапана.

Зависимость усилий сжатия и отбоя от перемещения поршня и его скорости в целом считаются основными характеристиками амортизатора. Если зависимость усилия от хода может быть постоянной, то вторая зависимость более сложная и необходимая для процесса демпфирования: именно она формирует характер работы амортизатора и, в итоге, воздействует на управляемость автомобиля. Параметры клапанов задают скоростную характеристику амортизатора. У дроссельного клапана особо выражена прогрессивная характеристика сопротивления — чем больше скорость движения поршня, тем больше усилие. При наличии пружинного клапана, наоборот, когда скорость увеличивается,

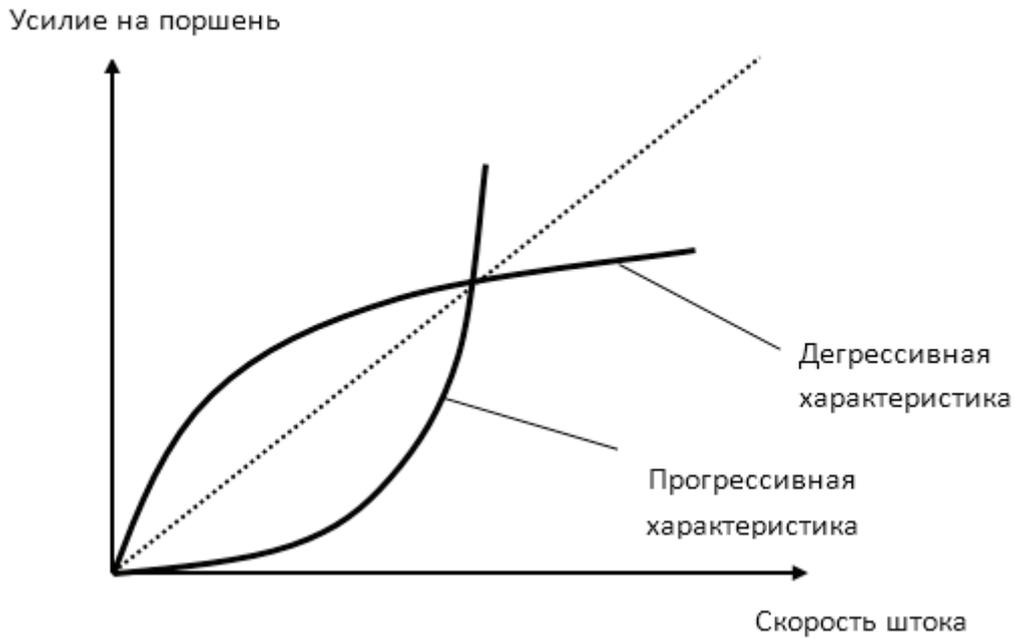


Рис. 2. Характеристики сопротивления клапанов

тогда сопротивление потоку становится меньше, т.е. имеет место так называемая дегрессивная характеристика [3] (рис. 3.)

Передовыми компаниями в сфере развития регулируемых амортизаторов на сегодняшний день являются следующие фирмы:

- Tokico. Амортизаторы Tokico используют сложные многоступенчатые клапанно-поршневые системы с регулирующим зазором. В их состав включён пятипозиционный переключатель клапана. Этот механизм может изменять усилия демпфирования колебаний как при отбое, так и при сжатии. Процесс его настройки простой, удобный и понятный [4].

- Rancho. Данные амортизаторы, как правило, используются на бездорожье. Регулировка амортизатора имеет пять ступеней жёсткости. В каждом амортизаторе сконструирован простой механизм, который обеспечивает смещение клапана на повороте на одно из 5 делений. Амортизаторы Rancho обладают переменным сопротивлением давлению, что позволяет менять жёсткость в зависимости от профиля дороги. Специальный датчик отслеживает скорость движения штока и выставляет нужные характеристики системы клапанов [1].

- Kopy B.V. Эти амортизаторы не являются массовым продуктом. Регулировка жёсткости в них осуществляется на отбой. Это дает большие возможности на-

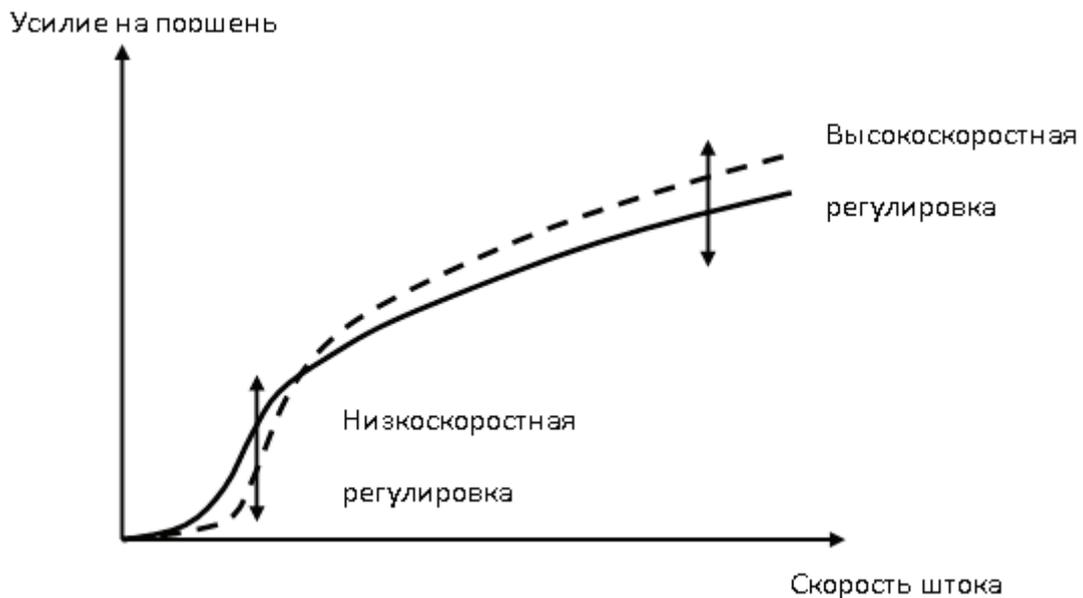


Рис. 3. Совмещение прогрессивной и дегрессивной характеристик

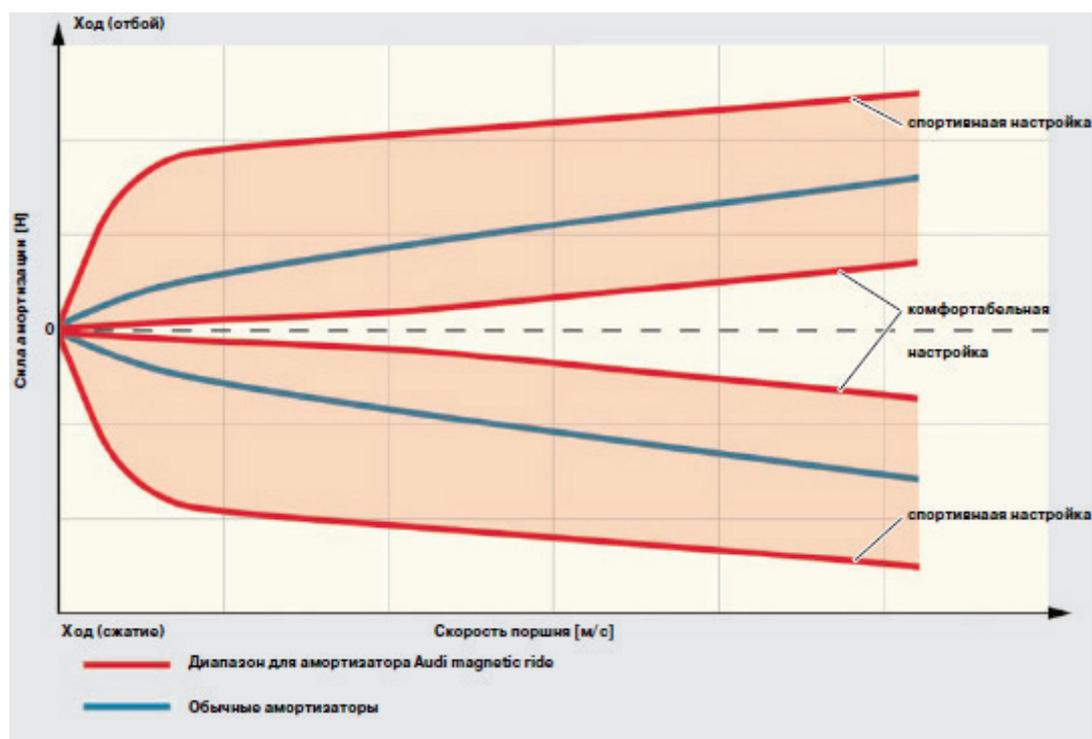


Рис. 4. Сравнительный анализ характеристик амортизатора Audi magnetic ride по сравнению с обычным амортизатором

строить автомобиль под определенные дорожные условия и пожелания водителя. [6].

— Амортизаторы с магнитно-реологической жидкостью. Принцип действия данного амортизатора основан на магнитно-реологическом эффекте. Данная жидкость представляет собой высокодисперсную суспензию из основанного на углеводороде синтетического масла, в ко-

торое введены мельчайшие мягкие магнитные частицы. При протекании этой жидкости через амортизатор под воздействием магнитного поля меняется сопротивление жидкости, так как частицы выстраиваются вдоль действия силовых линий магнитного поля. Магнитно-реологическая жидкость позволяет расширить диапазон регулировок амортизатора [7].

Литература:

1. Амортизаторы регулируемой жесткости «Rancho» [Электронный ресурс]. — [2016]. — Режим доступа: <http://www.jeep.avtograd.ru>
2. Арутин, В. А. Современные амортизаторы / В. А. Арутин // Автоспорт. — 2004. — № 2. — С.18–24.
3. ОСТ 37.001.434–86. Амортизаторы гидравлические и гидропневматические телескопические автотранспортных средств. Типы, основные параметры и размеры. — М.: Изд-во стандартов, 1986. — 81 с.
4. Пружины и амортизаторы [Электронный ресурс]. — [2016]. — Режим доступа: <http://www.servicing-auto.ru>
5. Раймпель, Й. Шасси автомобиля. Амортизаторы, шины и колёса: пер. с нем. В. П. Агапова / под ред. О. Д. Златовратского. / Й. Раймпел. — М.: машиностроение, 1986. — 320 с.
6. Регулируемые амортизаторы KONY [Электронный ресурс]. — [2016]. — Режим доступа: <http://www.koni-store.ru>
7. Audi TT Coupe 07. Ходовая часть [Электронный ресурс]. — [2014]. — Режим доступа: <http://autoholding.net>

Аэродинамическая труба АТ-11 СПбГУ: измерение дифференциальных стационарных давлений

Цветков Алексей Иванович, кандидат технических наук;
Щепанюк Борис Андреевич, ведущий специалист
Санкт-Петербургский государственный университет

В статье речь идёт о выборе приборов (манометров и интеллектуальных преобразователей) для измерения стационарного дифференциального давления в дозвуковых потоках. Выбор в дальнейшем будет подтвержден внедрением приборов в измерительные технологии на дозвуковой аэродинамической трубе АТ-11: в компьютерную технологию измерения параметров потока в открытой рабочей части и в технологию метрологического обеспечения измерения стационарного давления.

Ключевые слова: дозвуковая аэродинамическая труба, манометр дифференциального давления, интеллектуальный преобразователь дифференциального давления.

На рис. 1 показано уравнение Бернулли для несжимаемой жидкости в логарифмических координатах. Рисунок иллюстрирует динамический диапазон изменения скоростного напора от десятка Па до 3000Па.

Традиционно скоростной напор в дозвуковых аэродинамических трубах измерялся и измеряется с помощью жидкостного дифференциального микроманометра и специального зонда (трубки Пито-Прандля) с приемными отверстиями, соединённого с микроманометром посредством резиновых шлангов. Зонд вносится в поток, и разница между полным и статическим давлениями измеряется по перепаду высот жидкости в микроманометре. Погрешности измерения скоростного напора высоки при малых скоростях потока (до 12 м/с), так как трудно точно измерить перепад высот по жидкостному спиртовому или водяному микроманометрам, см. рис. 1. На рис.1 показана справа по вертикали шкала спиртового столба микроманометра.

Наряду с измерением скоростного напора в аэродинамическом эксперименте проводятся измерения давлений

на поверхностях аэродинамических моделей. Здесь также идёт речь об измерении дифференциального давления по отношению к статическому давлению вне аэродинамического потока, или к давлению в точке торможения потока на поверхности модели. Динамический диапазон измеряемых давлений на поверхности моделей — величина такого же порядка, как и для скоростного напора.

Измерительные манометры. В настоящее время на рынке приборов предлагается фирмами и посредниками широкий выбор дифференциальных сенсорных и интеллектуальных манометров, интеллектуальных преобразователей давления, предназначенных для измерений давлений в рассматриваемом динамическом диапазоне.

Выбранные манометры для измерения давлений на дозвуковой аэродинамической трубе АТ-11 представлены в таблице 1. Манометры занесены в реестр средств измерений РФ. В электрической схеме манометров заложена функция по расчету скорости потока несжимаемой жидкости на основе уравнения Бернулли.

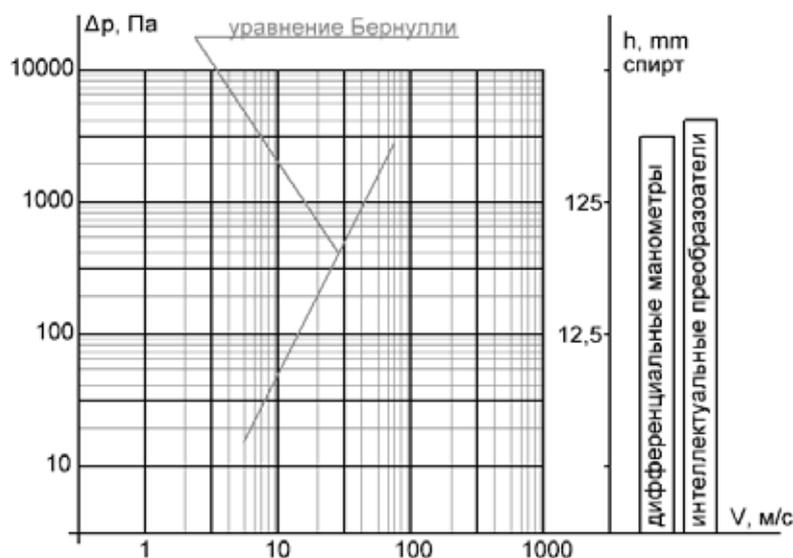


Рис. 1. Динамический диапазон изменения скоростного напора

Таблица 1. Измерительные погрешности дифференциальных манометров

№ п/п	Измерительный диапазон, Па	Относит. погрешность, %	ВПИ	Погрешность, Па
Testo 512/2	0 ... 200	0.5	200	1
Testo 512/20	0 ... 2000	0.5	2000	10
Testo 435-4	0 ... 3000	0.5	3000	15
M200-LS	0 ... 7000	0.02	7000	1.4

Приборы Testo и комбинированный прибор Testo 435-4 имеют встроенный сенсорный дифференциальный манометр [3]. Многофункциональный портативный прибор типа Testo 435-4 поставляется с большим выбором зондов, в т.ч. с трубкой Пито-Прандтля.

Аэродинамическая труба АТ-11 оснащена приборами Testo 435-4 в комплектации со следующими зондами:

- зонд с обогреваемой струной, работающий в диапазоне до 20 м/с;
- зонд-крыльчатка, уверенно работающий в диапазоне от 10 до 40 м/с;
- трубка Пито-Прандтля.

Манометр серии M2, модель M200-LS — пример интеллектуального дифференциального манометра [5]. В Россию поставляется локализованная модель M200R-LS [1]. Один из диапазонов измерений стационарного дифференциального давления от 0 до 7 кПа у манометра M200-LS соответствует диапазону изме-

нения полного давления в дозвуковых аэродинамических трубах при скоростях потока до 70 м/с. Данный портативный цифровой манометр нашёл применение на аэродинамической трубе АТ-11 как образцовый для поверки, калибровки и технического обслуживания манометров Testo.

Интеллектуальные измерительные преобразователи. Из всего многообразия интеллектуальных измерительных преобразователей для измерения малых дифференциальных давлений на аэродинамической трубе АТ-11 выбор был сделан в пользу аппаратуры фирмы APLI-SENS, специализирующейся на производстве измерительного оборудования для газовой промышленности [2]. В частности, в пользу интеллектуального измерительного преобразователя дифференциального давления газов APR-2000G типа PCV. Необходимая информация о параметрах измерительного преобразователя APR-2000G типа PCV приведена в табл. 2 и табл. 3.

Таблица 2. Диапазоны измерений

Основной диапазон	Минимальная установочная ширина измерительного диапазона	Возможность перемещения начала диапазона	Допустимая перегрузка	Допустимое статическое давление
0 ... 2500 Па	100 Па	0 ... 2400 Па	35 кПа	35 кПа
-250 ... 250 Па	20 Па	-250 ... 230 Па	35 кПа	35 кПа
-700 ... 700 Па	100 Па	-700 ... 600 Па	35 кПа	35 кПа
-2500 ... 2500 Па	500 Па	-2500 ... 2000 Па	100 кПа	100 кПа
-10 ... 10 кПа	2 кПа	-10 ... 8 кПа	100 кПа	100 кПа

Технические характеристики преобразователя:

- Предел дополнительной погрешности, вызванной изменением температуры: 0,1 % (осн. диап.) / 10°; max ±0,4 % (осн. диап.) в полном диапазоне термокомпенсации.

- Диапазон термокомпенсации: -10 ... 70.
- Время фиксирования выходного сигнала: 0,5 с.

Таблица 3. Метрологические параметры

Основной диапазон	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Основная погрешность	±0.075%	±0.16%	±0.1%	±0.1%	±0.075%
Установленный диапазон	0 ... 250 Па	-50 ... 50 Па	-50 ... 50 Па	-250 ... 250 Па	-10 ... 10 Па
Основная погрешность	±0.4%	±1%	±1.6%	±0.4%	±0.4%

На рис. 2 приведен внешний вид одного из конструктивных исполнений интеллектуального преобразователя APR-2000G типа PCV.



Рис. 2. Внешний вид преобразователя APR-2000G типа PCV

Преобразователи APR-2000G подключены к персональному компьютеру через HART-мультиплексор Метран 670. Блок-схема подключения аппаратуры дана на рис. 3. Мультиплексор обеспечивает преобразование информационного сигнала HART в цифровой сигнал интерфейса RS485 или RS232, при этом аналоговый сигнал (4...20 мА) токовой петли может использоваться внешней

системой регистрации и управления. Вместе с мультиплексором поставляется специальное программное обеспечение — HART OPC Сервер. Мультиплексор предназначен для предоставления доступа любым OPC клиентам к данным, поступающим с подключенных к мультиплексору устройств, в данном случае с преобразователей дифференциального давления APR-2000G.

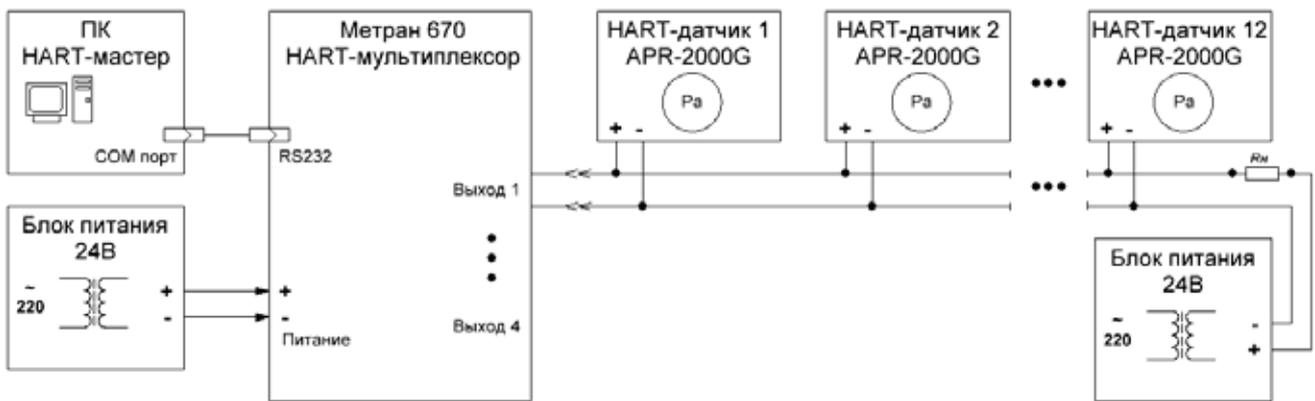


Рис. 3. Блок-схема подключения преобразователей

HART OPC Сервер предоставляет доступ к следующим данным подключенных устройств:

- переменным процессам;
- выходному току;
- верхнему и нижнему диапазону измерения устройства;
- времени демпфирования (усреднения);
- единицам измерения переменных процессов;
- верхнему и нижнему пределам измерения сенсора;
- сообщениям.

Все эти данные доступны OPC клиенту в виде определенного набора так называемых тэгов, например: PV — первичная переменная (основной измерительный параметр прибора); Device_LR — нижний предел измерения

датчика, Sensor_HL — верхний предел измерения сенсора. Совокупность активных устройств и выбранных для них тэгов называется конфигурацией OPC Сервера. Она создается при помощи специальной программы-конфигуратора, поставляемой в комплекте. OPC Сервер постоянно опрашивает устройства в сети в зависимости от активных тэгов, выбранных клиентом, и обновляет их содержимое. Опрос одного тэга занимает приблизительно 0.8–1.5 секунды. В связи с этим, в конфигурации OPC Сервера, которая используется для измерений параметров в аэродинамической трубе АТ-11, для каждого преобразователя выбран лишь один тэг — PV, который и содержит текущее давление. В качестве конечного пользовательского приложения выступает специально напи-

санная программа Sensors Data Viewer для математического пакета Matlab. Возможности программы:

- отображение текущего значения преобразователя;
- отображение усредненного значения преобразователя (вычисляется по последним пяти измерениям);
- выборочное отключение и включение необходимых в данный момент преобразователей;
- выборочный вывод графика изменения значений преобразователя;
- автоматическая запись значений всех активных преобразователей в файл (для каждого преобразователя свой) для последующего анализа;
- ручная запись текущих значений преобразователей и дополнительной информации об условиях проведенного измерения в файл протокола измерений.

Внешний вид окна программы опроса преобразователей показан на рис. 4.

В таблице 4 приведены сравнительные метрологические параметры выбранных для аэродинамической трубы АТ-11 дифференциальных манометров и интеллектуального преобразователя. Сравнительный анализ абсолютных погрешностей позволяет рекомендовать интеллектуальный манометр М 2 серии модель М 200-LS в качестве образцового при проведении тарировки интеллектуальных преобразователей APR-2000G, а также для поверки, калибровки и технического обслуживания портативных манометров Testo.

Тарировка манометров и измерительных преобразователей давления производится на специально разработанном пневмогидравлическом прессе, [4].

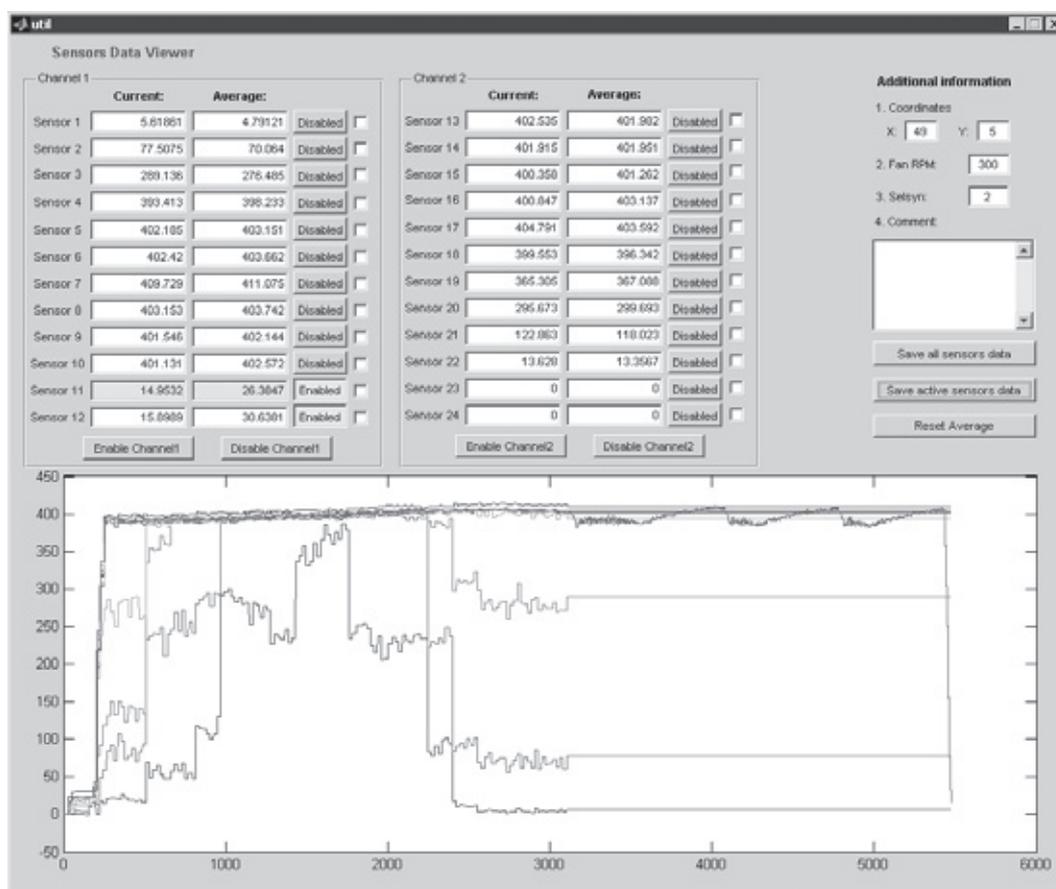


Рис. 4. Внешний вид окна программы опроса преобразователей

Таблица 4. Погрешности измерительных приборов

Наименование измерительного прибора	Измерительный диапазон, Па	Относительная погрешность, %	ВПИ	Погрешность, Па
Testo 512/2	0 ... 200	0.5	200	1
Testo 512/20	0 ... 2000	0.5	2000	10
Testo 435-4	0 ... 3000	0.5	3000	15
M200-LS	0 ... 7000	0.02	7000	1.4
APR-2000G	0 ... 2500	0.075	2500	1.875

Литература:

1. Каталог продукции ЗАО «ТЕККНОУ» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tek-know.ru/si-of-general-application/si-pressure/manometers/2series-review.html> (дата обращения: 11.11.2015).
2. Каталог продукции ООО «АПЛИСЕНС» [Электронный ресурс]. URL: http://www.aplisens.ru/catalog/preobrazovateli_raznosti_davleniy/izmeritelnyy_preobrazovatel_raznosti_davleniy_intellektualnyy_APR_2000 (дата обращения: 11.11.2015).
3. Каталог продукции Testo AG [Электронный ресурс]. URL: https://www.testo.ru/ru/home/products/air_flow/pribovy/gigrometry_vlagomery.jsp (дата обращения: 11.11.2015).
4. Устройство для тарировки измерительных приборов дифференциального давления // Патент на изобретение № 2504747. 2014. Бюл. № 2 // Леонов Г. А., Цветков А. И., Щепанюк Б. А.
5. Meriam Process Technologies [Электронный ресурс]. URL: <http://www.meriam.com/product/m200ls-lab-standard-smart-manometer/> (дата обращения: 11.11.2015).

Аэродинамическая труба АТ-11 СПбГУ: измерение дифференциальных быстропеременных давлений

Цветков Алексей Иванович, кандидат технических наук;

Щепанюк Борис Андреевич, ведущий специалист

Санкт-Петербургский государственный университет

В статье речь идёт о выборе преобразователей и датчиков для измерения быстропеременного дифференциального давления в дозвуковых потоках. Несмотря на то, что некоторые типы датчиков, например, ДМИ и вторичные преобразователи к ним, давно известны, датчики не нашли широкого применения в аэродинамическом эксперименте. Возможное этому объяснение — сложности в динамической тарировке датчиков. В настоящей статье авторы остановились, при выборе датчиков, на датчике ДМИ и современных вторичных преобразователях к ним. В дальнейшем выбранная измерительная аппаратура внедрена в измерительные технологии на дозвуковой аэродинамической трубе АТ-11 и выполнено метрологическое обеспечение аппаратуры при измерении быстропеременного давления.

Ключевые слова: дозвуковая аэродинамическая труба, быстропеременное давление, микрофоны поверхностного давления, акустические и пьезоэлектрические датчики, индуктивные датчики и преобразователи, датчики МЭМС, спектральный анализ.

В настоящее время промышленность предлагает достаточный выбор измерительных преобразователей давления (ИПД) — микрофонов, индуктивных датчиков, пьезоэлектрических и акустических датчиков, датчиков, выполненных по технологии МЭМС (микроэлектромеханические системы) — для измерения давлений на поверхностях исследуемых в дозвуковых аэродинамических трубах моделей. Возможности выбора иллюстрируются схемой рис. 1.

На рис. 2 дана иллюстрация к выбору датчиков по их динамическому диапазону, применительно к экспериментам на дозвуковых аэродинамических трубах в диапазоне скоростей потока от 5 м/с до 70 м/с.

Верхняя шкала на рис. 2 соответствует уровням звукового давления I в дБ. Следующая за ней вниз шкала в Па — эффективное (или среднеквадратичное) значение амплитуды пульсаций давления. Соответствие между уровнем звукового давления и эффективным значением



Рис. 1. Возможности выбора ИПД

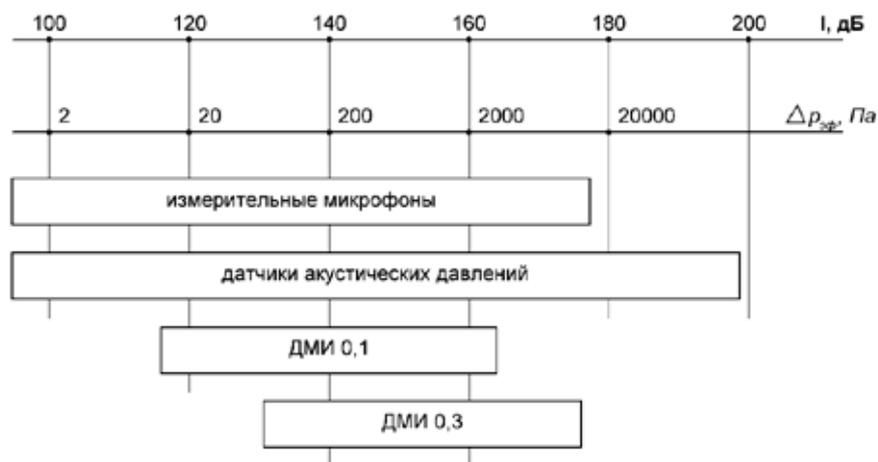


Рис. 2. Иллюстрация к выбору датчиков по их динамическому диапазону

амплитуды пульсаций давления определяется из соотношения:

$$I = 20 \lg \frac{\Delta p}{p_{нор}}$$

где $p_{нор} = 5 \cdot 10^{-5}$ Па.

1. МЭМС датчики давления

Микроэлектромеханические системы (МЭМС) представляют собой устройства микросистемной техники, выполненные по технологии объёмной микромеханики, сформированные путём локального вытравливания подложки, легирования, нанесения на неё материала и т.д. Подложки, как правило, изготавливаются из кремния, который обладает превосходными электрическими, механическими и тепловыми свойствами. Размеры МЭМС лежат в диапазоне от 1 микрона до нескольких миллиметров, в зависимости от мощности, области применения, наличия встроенных схем обработки и количества элементов.

Миниатюрные датчики Паскаль ПДПМ 2108 и 2112 (НПО СИГНАЛ, г. Энгельс), [3].

Преобразователи ПДПМ 2108 и ПДПМ 2112, состоят, см. рис. 3, из корпуса, изготовленного из нержавеющей стали 12Х18Н10Т, внутри которого находится измерительный модуль. Модуль состоит из чувствительного элемента, изготовленного по МЭМС технологии, диаметром 2,4 мм. На планарной стороне сформированы методами диффузии и ионного легирования термо- и тензорезисторы, с непланарной стороны анизотропным травлением сформирована кремниевая мембрана размером 1,2 мм и толщиной от 5 до 70 мкм в зависимости от диапазона измеряемого давления. Контактные площадки соединены алюминиевой проволокой диаметром 30–60 мкм с никелевыми контактами переходной платы. На другую сторону платы разварены провода кабеля. Измерительный модуль герметично закреплен в кор-

пусе преобразователя. За счет использования мембраны с концентраторами механических напряжений преобразователи имеют высокую собственную частоту и высокий выходной сигнал по сравнению с плоской мембраной. В табл. 1 — табл. 3 приведены некоторые параметры датчиков Паскаль.

МЭМС датчики давления (Фирма EFT Sensing System Ltd, Китай), [7].

Датчики серий MSP 1030A, MSP 1030B и MSP 1015 изготовлены по МЭМС технологии со встроенной температурной компенсацией. Датчики разработаны с целью обеспечения повышенной чувствительности и исключительных динамических характеристик, а также стабильности работы, нелинейности в пределах 0,15% в диапазоне до трёх полных шкал и перегрузки в 5 раз больше полной шкалы. Уменьшенный размер кристалла позволяет использовать датчики в различных измерениях статического и динамического давлений.

Датчик MSP 1030A: диапазон давлений 100 и 350 кПа.

Датчик MSP 1030B: диапазон давлений 100, 700 кПа, 1000 кПа.

Датчик MSP 1015: диапазон давлений 100 и 350 кПа.

2. Пьезоэлектрические датчики давления

Краткие обзоры по параметрам и анализу конструкций пьезоэлектрических преобразователей давления содержатся в работах [1, 9, 11, 12].

ФГУП НИИФИ [2], предлагает серию датчиков акустических давлений, которые с успехом могут быть использованы в научных исследованиях. Основные характеристики разработанных НИИФИ датчиков акустических давлений приведены в табл. 4.

При измерениях быстропеременных давлений на поверхностях аэродинамических моделей в дозвуковых аэродинамических трубах перечисленные в табл. 4 акустические датчики не находят широкого применения из-за относительно больших габаритных размеров.

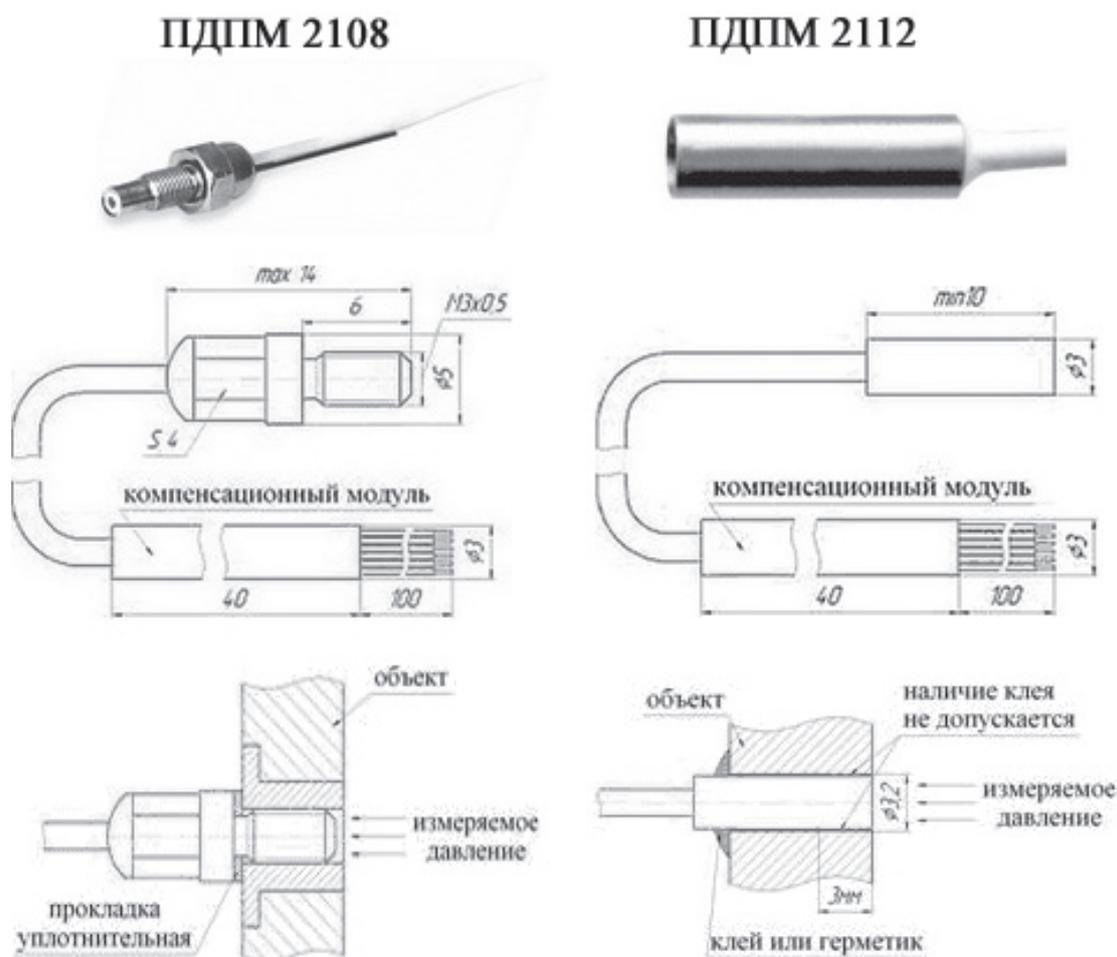


Рис. 3. Внешний вид, габаритные размеры, пример установки датчиков ПДПМ 2108 и ПДПМ 2112, [3]

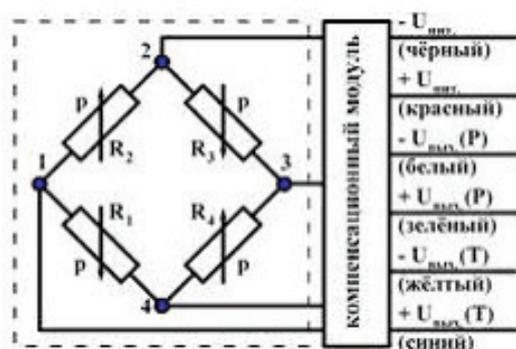


Рис. 4. Схема подключения датчиков, [3]

Таблица 1. Технические характеристики датчиков

Датчик Паскаль Верхний предел измерения:	ПДПМ 2108	ПДПМ 2112
— абсолютного давления и температуры (АТ)	10 кПа...25 МПа	10 кПа...1000 кПа
— избыточного давления (ИТ)	4 кПа...10 МПа	4 кПа...1000 кПа
— разрежения (ВТ)	4 кПа...100 кПа	4 кПа...100 кПа
— избыточного давления — разрежения (ИВТ)	±2кПа...±50кПа; -100кПа÷900кПа; 0,1МПа...2,4МПа	±2кПа...±50кПа; -100кПа÷900кПа
Давление перегрузки	3 × ВПИ	3 × ВПИ

Таблица 2. Варианты исполнения датчиков Паскаль ПДПМ 2108

Основные параметры	Вариант исполнения ПДПМ 2108					
	ПАТ-1М	ПАТ-1.6М	ПАТ-2.5М	ПАТ-4М	ПАТ-6М	ПАТ-10М
Диапазон измерений, кПа	0 ÷ 1000	0 ÷ 1600	0 ÷ 2500	0 ÷ 4000	0 ÷ 6000	0 ÷ 10000
Собственная частота, кГц	430	500	575	655	750	830

Таблица 3. Варианты исполнения датчиков Паскаль ПДПМ 2112

Основные параметры	Вариант исполнения ПДПМ 2112					
	ДИТ-4	ДИТ-6	ДИТ-10	ДИТ-16	ДИТ-25	ДИТ-40
Диапазон измерений, кПа	0 ÷ 4	0 ÷ 6	0 ÷ 10	0 ÷ 16	0 ÷ 25	0 ÷ 40
Собственная частота, кГц	40	45	55	70	90	115

Таблица 4. Основные характеристики датчиков акустических давлений

Тип датчика	Диапазон			Установочный размер
	измеряемых давлений, дБ	рабочих частот, Гц	рабочих температур, °С	
ДХС 516	140–190	10–10 000	-196 ... 200	M18x1,5
ДХС 517	125–185	3–4 000	-70 ... 200	M18x1,5
ДХС 513	85–125	32–4 000	-10 ... 40	M18x1,5
ДХС 514	125–185	32–10 000	-180 ... 200	M12x1
ДХС 515	140–180	3–1 000	-100 ... 200	M18x1,5
ДХС 512	134–188	32–4 000	0 ... 150	M12x1
ДХС 521	115–180	10–10 000	-180 ... 200	M12x1
ЛХ 610	150–194	3–10 000	-196 ... 200	M18x1,5

Компанией РСВ Piezotronics [8] разработаны датчики и микрофоны для измерения динамического давления в экспериментах с моделями летательных аппаратов в аэ-

родинамических трубах. В табл. 5 приведены рекомендации по выбору датчиков для аэродинамических труб различных типов — от дозвуковых до сверхзвуковых.

Таблица 5. Датчики для аэродинамических труб, [8]

Аэродинамические трубы	Дозвуковые	Транс-звуковые	Сверх-звуковые	Гипер-звуковые	Диапазон измерения
Датчик акустического давления 103В01, ICP®	•	•			181 дБ
Датчик акустического давления 103В02, ICP®	•	•			181 дБ
Датчик акустического давления 103В03, ICP®	•	•			181 дБ
Датчик акустического давления 103В11, ICP®	•	•			190,7 дБ
Датчик акустического давления 103В12, ICP®	•	•			190,7 дБ
Датчик акустического давления 103В13, ICP®	•	•			190,7 дБ
ICP®-датчик давления высокого разрешения 112А2		•	•		345 кПа
Миниатюрный ICP®-датчик давления 112М362		•	•		345 кПа
Миниатюрный ICP®-датчик давления 132А31				•	345 кПа

Помимо фирмы PCB Piezotronic ING в производстве пьезоэлектрических датчиков представлена продукция фирм Endveco Corporation, DYTRAN, Sanstard Date contrl, Erich Broza, Rheometron, Flopetron. C.F. V. LTD, Mullard Ltd, Merles, Motoroia ING, AVL, Kistler Instrument AG, Vibrometer, Hans List, Bruel & Kjaer и др. Информацию о датчиках можно получить на сайтах фирм, а также в литературе, например, [11, 12].

3. Микрофоны поверхностного давления

Микрофоны поверхностного давления предназначены для измерения давления на поверхностях самолета во время полетных испытаний, на моделях при испытании

этих моделей в аэродинамических трубах и в других подобных условиях. Такие микрофоны выпускают несколько фирм: Брюль и Къер, PCB Piesotronics, компания BSWA Technology Co Ltd. В табл. 6 приведены технические параметры микрофонов перечисленных фирм.

Микрофоны поверхностного давления (модели 130B40 и MPA 426) имеют гибкую конструкцию, что позволяет устанавливать их при помощи клея на плоских или изогнутых поверхностях. Трудности отсутствуют и при установке микрофона тип 4948. В состав модулей входят встроенные усилители, а также поддерживается стандарт TEDS IEEE P1451.4 (TEDS — это сокращение от Transducer Electronic Data Sheet: электронная таблица параметров датчика, определяемая стандартом IEEE P1451.4).

Таблица 6. Микрофоны поверхностного давления

Фирма	Тип микрофона	Динамический диапазон, дБ	Частотный диапазон, Гц	Примечание
PCB Piezotronic-sICP®, [8]	Поверхностный микрофон 130B40	35–142		 TEDS
	Предполяризованный микрофон 377 A14 Эталонный калибровочный микрофон 1/4"	35–174	4–70 000	
	Предполяризованный микрофон 378 A14	35–174	4–70 000	
Bruel & Kjaer, [5]	Поверхностный микрофон Тип 4948	55–160	5–20 000	
	Поверхностный микрофон 1/4" Тип 4938	30–172	4–70 000	
BSWA Technology Co Ltd, [6]	Поверхностный микрофон MPA 426	29–127	20–20000	

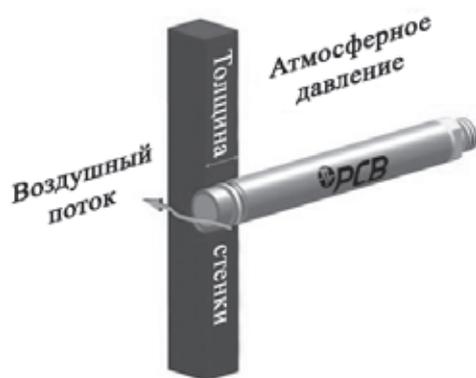


Рис. 5. Схема установки микрофона в поток воздуха, [8]

На рис. 5 показана схема установки микрофона 377A14 в стенке, обтекаемой потоком воздуха с приёмной стороны микрофона.

4. Датчики давления индуктивные дифференциальные малогабаритные ДМИ

Индуктивные датчики давления ДМИ, см. [10], предназначены для измерения мгновенных значений пульсаций давления воздуха и нейтральных газов при аэродинамических испытаниях. Датчики выпускаются на семь диапазонов измерения, причем в каждом диапазоне есть датчики двух модификаций, а в диапазоне измерения 0,06 есть и третья.

В диапазоне скоростей потока от 5 м/с до 70 м/с возможно измерение пульсаций давления индуктивными датчиками ДМИ-0,1 и ДМИ-0,3. Для данных датчиков

отсутствуют технические данные по нижней границе динамического диапазона, а также данные по верхней частоте частотного диапазона (приблизённо верхнюю частоту частотного диапазона можно оценить в 10–15 кГц). Нижняя граница частотного диапазона — 0 Гц, т.е. индуктивные датчики допускают статическую тарировку. По габаритным размерам, по простоте установки, по стоимости датчики давления ДМИ — лучшие к применению для измерения пульсаций давления в дозвуковых аэродинамических трубах. Для аэродинамической трубы АТ-11 выбор был сделан в пользу датчиков ДМИ. Возможно, что датчики Паскаль, выполненные по технологии МЭМС, смогут по своим параметрам превзойти индуктивные датчики ДМИ.

Сравнительные возможности микрофонов и датчика ДМИ-0,1 приведены в табл. 7.

Таблица 7. Сравнительные возможности микрофонов и датчика ДМИ 0,1

Возможности	Микрофон Тип 4948	Микрофон Тип 4938	ДМИ-0,1
Динамический диапазон, дБ	55–160	30–172	120–173,98
Диапазон рабочих частот, Гц	5–20 000	4–70 000	0–5 000

При выборе датчиков давления для измерения быстропеременных давлений на аэродинамической трубе АТ-11 предпочтение было определено в пользу индуктивных датчиков ДМИ 0,1. Данный тип датчиков характеризуется малыми размерами, простотой установки датчиков в аэродинамические модели и дешевизной. Возможно, что такими же эксплуатационными характеристиками обладают датчики Паскаль, но авторы настоящей работы не обладают информацией о практическом использовании этих датчиков.

Аэродинамическая труба АТ-11 укомплектована аппаратурой НПП «МЕРА» [4], предназначенной для работы с индуктивными датчиками давления и состоящей из усилителей-преобразователей МІС-017-D4 и измерительно-вычислительного комплекса МІС-400D. Усилители работают под управлением программного обеспечения

«Recorder», установленного на внешнем устройстве управления. Индуктивная аппаратура совмещена с 4-х лучевым осциллографом LECROY WaveSurfer 24Xs-A и измерительно-вычислительным комплексом Брюль и Кьер в составе системы анализа сигналов PULSE и нового поколения аппаратного обеспечения сбора данных для платформы PULSE — LAN-XI. Блок-схема измерительной системы приведена на рис. 6.

Работа измерительной системы обеспечивает практически неограниченную функциональную гибкость при обработке сигналов датчиков давления типа ДМИ.

Для метрологического обеспечения измерительной системы потребовалась разработка устройств для статической [11], и динамической тарировки датчиков давления типа ДМИ.



Рис. 6. Блок-схема измерительной системы

Литература:

1. Богуш, М. В. Проектирование пьезоэлектрических датчиков на основе пространственных электротермоупругих моделей. М.: Техносфера, 2014. 312 с.
2. Каталог продукции НИИФИ [Электронный ресурс]. URL: <http://niifi.client.runetsoft.ru/production/sensors/datchiki-akusticheskikh-davleniy/> (дата обращения: 16.11.2015).
3. Каталог продукции НПО Сигнал [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eposignal.ru/products/catalog/226/> (дата обращения: 16.11.2015).
4. Каталог продукции ООО НПП «Мера» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nppmera.ru/mc> (дата обращения: 16.11.2015).
5. Каталог продукции Brüel & Kjær [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bksv.com/Products/transducers/acoustic/microphones> (дата обращения: 16.11.2015).
6. Каталог продукции BSWA Technology Co., Ltd. [Электронный ресурс]. URL: http://www.bswa-tech.com/web_proDetail.action?proId=262 (дата обращения: 16.11.2015).
7. Каталог продукции EFT Sensing System Ltd. [Электронный ресурс]. URL: http://eftsys.com/en/Ssproducts_4_84.html (дата обращения: 16.11.2015).
8. Каталог продукции PCB Piezotronics [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pcb.com/products.aspx?tx=1> (дата обращения: 16.11.2015).
9. Михайлов, П. Г., Мокров Е. А., Митрохин С. В., Сергеев Д. А. Особенности метрологического обеспечения современных датчиков пульсаций давлений. // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2012. — № 5. — с. 174–179.
10. Техническое описание и инструкция по эксплуатации датчиков давления типа ДМИ. 16 с.
11. Устройство для тарировки измерительных приборов дифференциального давления // Патент на изобретение № 2504747. 2014. Бюл. № 2 // Леонов Г. А., Цветков А. И., Щепанюк Б. А.
12. Харлан, А. А. Контроль и диагностика акустических нагрузок в ракетно-космической и специальной технике. // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». — 2011. — № 2. — с. 65–69.
13. Харлан, А. А. Метрологическое обеспечение создания датчиков давлений для ракетно-космической техники. // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». — 2011. — № 1. — с. 94–96.

Изучение работы намоточных станков и исследование алгоритма функционирования системы

Чадов Егор Владимирович, студент

Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского

Состояние вопроса

В ходе намотки материал снимается с подающей оправки (барабана катушки), проходит через кинематическую цепь передачи и укладывается на приемную оправку. Качество наматываемых изделий зависит от программы изготовления и точности ее отработки. В общем случае управляемыми координатами являются натяжение различных участков наматываемого материала, их перемещения, скорости и ускорения. Управление указанными координатами выполняется преимущественно по заданной программе. Разработка и исследование устройств программного управления различными параметрам намотки является задачей актуальной, позволяющей удовлетворительно решать следующие вопросы:

- повышение производительности труда;
- улучшение качества наматываемых изделий;
- уменьшение времени на переналадку оборудования.

Рассмотрим основные параметры, влияющие на качество намотки, и устройства их реализующие.

Натяжение проволоки при намотке

Основным технологическим фактором, определяющим качество и производительность процесса намотки, является натяжение проводки. Сила натяжения определяет геометрические размеры и рабочие характеристики наматываемого узла. Поэтому вопрос правильного выбора натяжения проволоки приобретает первостепенное значение.

Различают три вида натяжения провода: максимально и минимально допустимые натяжения и оптимальное натяжение.

В общем случае под максимально допустимым натяжением понимается натяжение, при котором в процессе формирования обмотки не происходит практически заметных изменений электрических и геометрических параметров провода и не нарушается целостность изоляции.

Под минимально допустимым натяжением понимается натяжение, необходимое для изгиба провода по форме каркаса при заданных плотности и коэффициенте заполнения обмотки и сохранении прочности, жёсткости и других свойств каркаса.

Натяжение, при котором получается обмотка с точностью в пределах, заданных допуском, считается оптимальным для данной обмотки. Оптимальное натяжение $T_{\text{опт}}$ находится между максимально $T_{\text{макс}}$ и минимально $T_{\text{мин}}$ предельными натяжениями:

$$T_{\text{мин}} \leq T_{\text{опт}} \leq T_{\text{макс}}$$

Настройка намоточного станка на определенное натяжение обычно осуществляется по таблице предельно допустимых натяжений, при этом динамические нагрузки на привод, возникающие в процессе наматывания, практически не учитываются. Создаваемое статическое натяжение, возникающему в процессе наматывания. Экспериментальные исследования показывают, что динамическое натяжение в 1.5–2 раза превосходит статическое, а при попадании системы в резонанс — достигает еще больших значений.

Разработка механизмов и устройств регулирования натяжения провода является задачей самостоятельного исследования и в данной работе не рассматривается.

Механизм раскладки провода

Для обеспечения шага, длины, места и направления хода проводопроводителя относительно каркаса и оправки в процессе намоточного производства применяются механизмы раскладки провода. Их роль непосредственно связана с образованием шага обмотки и поэтому механизмы раскладки кинематически связаны с механизмами главного движения. Проводопроводитель перемещается на величину шага и, кроме того, обеспечивает наматывание катушки определенной длины и с необходимым количеством рядов.

Для станков рядового наматывания применяются следующие классы и типы механизмов раскладки, которые приведены в таблице 1.

В реечном механизме раскладки с применением простой рейки точность раскладки определяется точностью зубчато-реечного зацепления, кинематической цепи подачи, а также скоростью переключения реверсирующего устройства.

В механизме с орбитальной рейкой реверсирование осуществляется значительно быстрее. В намоточных станках нашли широкое применение винтовые механизмы раскладки в виде двухвинтовых и одновинтовых механизмов.

При применении шаблонно-винтовых механизмов раскладки провод укладывается с определенным шагом на каркас, связанный кинематически с шаблоном.

Кулачковые механизмы раскладки применяются обычно в специальных намоточных станках. Шаг раскладки при этом регулируется скоростью кулачка и поэтому точность раскладки во многом зависит от точности изготовления кулачка.

Для универсальных станков применяются рычажно-кулачковые механизмы раскладки, к недостаткам ко-

Таблица 1. Классы и типы механизмов раскладки для станков рядового наматывания

Класс	Тип	Разновидность
Электромеханические	Реечные	С простой рейкой С орбитальной рейкой
	Винтовые	Двухвинтовые Одновинтовые
	Шаблонно-винтовые	С винтовым шаблоном
	Кулачковые	С дисковым кулачком С одновитковым кулачком С многовитковым кулачком
	Кулисные	Простого действия
	Фрикционные	С вариатором Со стальной лентой
Пневматические	Пнеumoцилиндрические	Прямого действия С клином
Гидравлические	Гидроцилиндрические	Прямого действия

торых следует отнести сложность изготовления кулачков высокой точности.

Кулисные механизмы раскладки используются для изготовления неотчетливых обмоток. Установка шага наматывания производится изменением скорости вращения эксцентрика.

К электромеханическим устройствам относятся также и фрикционные механизмы раскладки с применением различных вариаторов и ленточных передач. Настройка на шаг при этом производится изменением вращения вала и изменением угла наклона ведомого фрикционного ролика, инерционности и значительного времени реверсирования.

Кроме электромеханических устройств, в намоточных станках применяются пневматические и гидравлические механизмы раскладки.

Управление приводов намоточных станков

Современные намоточные станки оснащаются устройствами управления циклом наматывания, которые обеспечивают плавное изменение скорости вращения шпинделя, наматывание обмотки при установившейся скорости и ступенчатое торможение шпинделя.

Из-за инерционности механической части намоточного станка он снабжен электромагнитным тормозом. Электромагнитный тормоз имеет подвижный конический фрикцион, соединяющий шпиндель станка либо с вращающим шкивом, либо с неподвижным фрикционом (в момент торможения).

Станки рядового наматывания

Наиболее широкое распространение получили станки для наматывания рядовых обмоток (однорядовых и много-рядовых).

подавляющее большинство станков рядового наматывания бесчелночные, кинематика их обеспечивает

строго согласованное вращение каркаса с движением раскладывающего устройства. Раскладывающее устройство с проводом должно за один оборот шпинделя переместиться на величину шага и обеспечить наматывание катушки определенной длины с необходимым количеством рядов.

Кинематика станков для однорядового наматывания проще, т.к. укладка провода на каркас производится при одностороннем движении раскладывающего устройства, в то время как для многорядовых обмоток необходимо реверсирование проводопроводителя.

Повышения производительности труда можно добиться путем увеличения скорости наматывания (не всегда возможно вследствие низких кинематических и динамических возможностей станка), автоматизации различного рода приемов и переходов, применения многоместных, многошпиндельных и многопозиционных станков. К недостаткам таких станков можно отнести необходимость последовательного выполнения вспомогательных приемов и переходов. Этим недостаткам лишены многошпиндельные и многопозиционные станки, в которых время наматывания совмещается со временем вспомогательных операций.

Управляемые параметры процесса намотки

В соответствии с техническим заданием на разработку и исследование системы числового программного управления намоточным станком должна обладать следующими функциональными возможностями:

- обеспечить контроль числа наматываемых витков;
- торможение главного привода (привода оправки) в конце наматываемой обмотки;
- остановка привода оправки в конце наматываемой обмотки;
- реверс или остановка раскладчика в конце наматываемого слоя;
- требуемый шаг раскладки.

Литература:

1. Марголит, Р. Б. Наладка станков с программным управлением — Инфра Инженерия 1983. — 256 с.
2. Скороходов, Е. А. Намоточные станки — Энергия 1970. — 88 с.
3. Алиев, И. И. Ассинхронные двигатели в трехфазном и однофазных режимах — 2004. — 128 с.

Математическая модель, моделирующий алгоритм и результаты расчёта на имитационной модели влияния параметров сырья на временные показатели работы лесобработывающих станков

Чамеев Василий Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
Ефимов Юрий Валерьевич, ст. преподаватель, кандидат технических наук;
Усольцева Юлия Игоревна, магистрант
Уральский государственный лесотехнический университет

Представлены математические модели основного станочного оборудования, моделирующий алгоритм и результаты имитации работы головного станка при различных режимах обработки лесоматериалов в технологическом потоке.

Для решения поставленной в статье задачи привлечена комплекс-программа (КП) ЦЕХ, один из ранних вариантов которой опубликован в статьях [1,2]. Обоснование применения КП ЦЕХ для исследований приведено в работе [3]. В связи с разработанной методологией исследования [4] проведена проверка на адекватность математических моделей, алгоритмов и программ реальному процессу. КП ЦЕХ отвечает всем основным требованиям, предъявляемым к имитационным моделям [5,6].

Основным, значимым параметром, фигурирующим в теории производительности машин и механизмов является длительность распиловки t_d сырья и полуфабрикатов на станках. Параметр t_d является случайной величиной, обладающей значительной дисперсией [7].

Среди факторов, обуславливающих случайный характер t_d , существуют доминирующие. Это параметры лесоматериалов и их деления. Учет их влияния на величину t_d возможен различными способами. Изучение схем деления лесоматериалов показало, что основным обобщающим параметром, характеризующим деление и влияющим на величину t_d , является постав или что тоже самое — число резов n_p , зависящее как от размерно-качественных параметров лесоматериалов, так и от размеров готовой продукции. Приняв это во внимание и на основании теории производительности машин и механизмов, величина t_d для цикло-проходных станков и однопозиционных торцовочных запишется в виде $t_d = n_p t_{1p}$, а для проходных станков при продольном делении лесоматериалов $t_d = t_M \ell + t_{1p}$, где t_{1p} — цикловое время на один рез; t_M — длительность деления единицы длины лесоматериала, зависящая от постава; ℓ — длина лесоматериала; t_{1p} — длительность циклового простоя.

Длительность цикла t_d для станков группового деления круглых лесоматериалов представляют в виде двух слагаемых — длительности деления бревна t_1 и t_{1p} . Первое слагаемое определяется произведением сомножителей t_M и ℓ , а длительность циклового простоя t_{1p} , согласно теории производительности (на примере лесопильной рамы) $t_{1p} = t_B - t_C$, где t_B — время выполнения вспомогательных операций.

Длительность деления свободного конца бревна t_C составляет $t_C = t_M \ell_C$, где ℓ_C — длина свободного конца бревна.

Величина t_B , как известно, состоит из следующей суммы затрат на выполнение элементов цикла $t_B = t_X + t_3 + t_p + t_{3л}$, где t_X — время на разжим бревна и холостой ход тележки; t_3 — время загрузки тележки бревном, зажима его и ориентирования по порокам; t_p — время рабочего хода; $t_{3л}$ — время загрузки лесопильной рамы бревном и надвигания его до пил.

Длительность циклового простоя в длительности цикла можно учесть коэффициентом производительности $K_{1p} t_d = t_1 K_{1p}$. Численные значения K_{1p} зависят от средней длины распиливаемых бревен ℓ . По результатам исследования получена статистическая зависимость $K_{1p} = 1,0546 e^{-0,2061/\ell}$. Уравнение действительно при $1\text{ м} \leq \ell \leq 6\text{ м}$ для одноэтажных восьмивальцовых лесопильных рам. Анализ полученного уравнения позволяет сделать вывод о минимальной длине распиливаемых бревен. При длине бревен 250 см и выше обеспечивается оптимальная производительность одноэтажных лесопильных рам.

Длительности деления единицы длины бревен (1 м) t_M для бревен по толщине из мелкой и средней групп лесоматериалов не противоречат логнормальному распределению, а из крупной — нормальному. Средние значения

\bar{t}_M и СКО σ_M для березы и осины зависят от d_i . Для учета поставок лесопильных рам вместо толщин бревен d_i введены суммарные высоты пропилов Σh , приходящихся на одно бревно. В этой связи, среднее значение продолжительности деления бревен \bar{t}_M толщиной d_i на лесопильной раме модели M с ходом пильной рамы H , частотой вращения главного вала n принимается равным $\bar{t}_M^K = K_H K_O K_T K_C \bar{t}_M^{PK}$, а СКО (по коэффициенту вариации случайной величины \bar{t}_M^{PK}) $\sigma_M^M = \sigma_M^{PK} / \bar{t}_M^{PK} \bar{t}_M^M$, где

$$\bar{t}_M^{PK} = f(\Sigma h) \text{ и } \sigma_M^{PK} = f(\Sigma h) \text{ — статистики случайной}$$

величины t_M для коротышевой рамы РК, определяемые для березы и осины по формулам табл. 1; $K_H = 410/H$ — коэффициент, учитывающий ход пильной рамки; $K_O = 215/n$ — коэффициент, учитывающий частоту вращения коленвала лесопильной рамы; K_T — коэффициент, учитывающий сезон работы рамы (для летних условий $K_T = 1$, для зимних $K_T = 1,1$); K_C — коэффициент, учитывающий сортность бревен (для 1...2 с. $K_C = 0,78 \dots 0,85$, для 3 с. — $K_C = 1$).

Таблица 1. Регрессионные уравнения зависимостей параметров случайной величины t_M от доминирующего фактора

Уравнения	Коэффициенты уравнений определены при
$\bar{t}_{MB} = 0,0164 \Sigma h + 16,1569, \text{ с}$ $\sigma_{MB} = -0,0000007 \Sigma h^2 + 0,0029 \Sigma h + 3,9890, \text{ с}$ $\bar{t}_{MO} = 0,0141 \Sigma h + 14,1502, \text{ с}$ $\sigma_{MO} = -0,0000005 \Sigma h^2 + 0,0029 \Sigma h + 3,0268, \text{ с}$	$\Sigma h \geq 190 \text{ мм}$ $\Sigma h \leq 1770 \text{ мм}$ $\Sigma h \geq 200 \text{ мм}$ $\Sigma h \leq 2130 \text{ мм}$

Определение среднего значения раскрыя сосновых бревен длиной 1 м t_{MC} возможен по формуле, выведенной для дальнейшего использования:

$$\bar{t}_{MC} = \bar{t}_{MB} - [(\bar{t}_{MB} - \bar{t}_{MO}) \frac{K_{\Pi}^B - K_{\Pi}^C}{K_{\Pi}^B - K_{\Pi}^O}] \quad (1)$$

где K_{Π} — коэффициент, учитывающий изменение удельного сопротивления резанию в зависимости от породы (для березы — 1,25, сосны — 1, осины — 0,85).

Вывод зависимости $\bar{t}_{MC} = f(\Sigma h)$ возможен при определении координат точек $M(\Sigma h_{\min}, \bar{t}_{MC})$, $N(\Sigma h_{\max}, \bar{t}_{MC})$, составлении и решении двух линейных уравнений с двумя неизвестными

$$\bar{t}_{MC} = 0,0150 \Sigma h + 14,9079, \text{ с.} \quad (2)$$

Определение длительности циклов t_d продольно-распиловочных станков, расположенных за головными, на делении заготовок при выполнении технологических операций принято на допущении в постоянстве скорости подачи станков. Действительно, лесоматериалы, пройдя первый уровень обработки на головных станках, приобретают базовые поверхности и стабилизируются по поперечному сечению. На основании этой предпосылки длительность продольного деления заготовки длиной ℓ_i для станков проходного типа запишется $t_{\ell}^i = \ell_i/V_M$, где V_M — скорость подачи станка модели M , принимаемая по его паспортной характеристике.

Учитывая, что длина лесоматериалов имеет вероятностную природу, функция плотностей случайной величины t_{ℓ} будет иметь вид

$$f(t_{\ell}) = [1/(V_M \sigma_{\ell} \sqrt{2\pi})] \exp\left\{-0,5(t_{\ell} - \bar{t}_{\ell})^2 / \sigma_{\ell}^2\right\} \quad (3)$$

Длительность деления заготовки на цикло-проходных станках в математической модели принимается с учетом числа резов n_p

$$t_{\ell}^i = n_p t_{IP}^i, \text{ где } t_{IP}^i = \ell_i/V_M \quad (4)$$

Длительность цикла t_d определяется с учетом цикловых простоев $t_d = t_{\ell} + t_p$. Математическая модель длительности деления заготовок всех видов на готовую продукцию на однопозиционных торцовочных станках базируется на цикловом времени на один рез t_p . Результаты статистической обработки наблюдений за работой торцовочных станков в различных производственных условиях приведены в таблице 2.

Анализ данных таблицы 2 показывает, что параметр цикла t_p описывается, в основном, логнормальным законом с диапазоном изменения среднего значения $\bar{t}_{IP} = 9 \dots 16 \text{ с}$ и СКО $\sigma_p = 2,5 \dots 6 \text{ с}$. При обслуживании торцовочного станка двумя рабочими, как это имело место в Н-Лялинском цехе, длительность t_p уменьшается примерно в три раза

$$(\bar{t}_{IP} = 3,18 \text{ с, } \sigma_{IP} = 0,72 \text{ с}).$$

Статистические показатели поперечного деления с выполнением операции вырезки дефектных мест принимаются для дальнейших расчетов по литературным данным. Так, время вырезки бракованных участков на сортировке пиломатериалов характеризуется $\bar{t} = 7,76 \text{ с}$ и $\sigma_t = 2,46 \text{ с}$. Время торцовки одной доски — $\bar{t} = 12,4 \text{ с}$, $\sigma_t = 5,83 \text{ с}$.

Приведённые математические модели по определению длительности пиления t_d реализованы в КП СТАНОК КП ЦЕХ.

Компонент—программа СТАНОК составлена на основе математических моделей деления лесоматериалов на станках и математических моделей формирования длительностей циклов для станочного оборудования. Схема моделирующего алгоритма приведена на рисунке 1.

Основные входные данные (блок 1): объем моделирования сырья; толщина и длина сырья (среднее, СКО, минимальное и максимальное значения случайных величин,

Таблица 2. Статистические показатели работы торцовочных станков

Цех	\bar{X}	σ_x	N, шт	Закон распр.	$P(\chi^2)$
$t_{IP}, c (\bar{t}_{IP} = \bar{X}, \sigma_{IP} = \sigma_x$ — цикловое время одного реза для станков ЦКБ — 40 и ЦМЭ — 2М					
Афанасьевский	10,95	4,79	322	эрл лог	0,34 0,27
Камышловский	14,62	5,58	465	эрл	0,54
Лобвинский	9,10	2,52	502	лог	0,16
Н-Лялинский	3,18	0,72	506	лог	0,24
Полдневской	16,65	6,01	521	лог	0,43

типы вероятностных распределений), породный состав; тип станка и его характеристика; постав; сезон работы; параметры для построения гистограмм. После обнуления сумматоров (блок 2) программа генерирует для каждого i -го бревна породу, толщину d_i , длину l_i , определяет объем бревна V_i . В блоке 5 происходит проверка на конец моделирования. При объеме смоделированного сырья ΣV , превышающем заданный объем V_C^3 , управление передается на блоки 10, 11 для обработки результатов моделирования и выдачи их на печать.

При $\Sigma V < V_C^3$ управление передается к блокам 6, 7, 8 для определения длительности деления i -го бревна на заданном станке. Полученное значение $t_{дi}$ заносится в соответствующую ячейку (блок 9).

Выходная информация выдается на печать в виде таблиц, содержащих частоты попаданий значений случайной величины $t_{дi}$ в заданные интервалы, а также средние значения и СКО величины $t_{дi}$.

Выбор эффективных головных станков для лесобработывающих цехов возможен при сопоставлении их параметров, характеризующих длительность распиловки на них бревен. При принятии в качестве головного станка одноэтажной лесопильной рамы встают вопросы, связанные с рациональными способами распиловки сырья, с его сортировкой на сортировочные группы.

Для лесобработывающих цехов, работающих в условиях малообъемных заготовок, приемлемы одноэтажные лесопильные четырехвальцовые и восьмивальцовые рамы. Наиболее распространенной моделью на лесопромышленных предприятиях является рама Р63–4Б. В табл. 3 и на рис. 2 приведены результаты имитационного моделирования лесопильной рамы Р63–4Б по компонент-программе СТАНОК. Как показывают исследования, числовые значения статистических параметров случайной величины t_l (длительность распиловки бревен на лесопильной раме) зависят от способа раскроя круглых лесоматериалов, параметров распиливаемого сырья и параметров выпиливаемой пилопродукции.

Моделировался раскрой 6-и метрового сырья по ГОСТ 9663–88 для группового деления на пиломатериалы по ГОСТ 8486–66 (поставка рассчитывались согласно общей теории раскроя пиловочного сырья с учетом нижних и верхних границ сортировочных групп для сортированного сырья и с учетом $d_{CP} \pm 2\sigma_d$ для несортированного). Статистики случайной величины t_l — среднее значение

\bar{t}_l и среднее квадратическое отклонение σ_l при распиловке бревен вразвал выше, чем с брусковкой. Так, среднее взвешенное значение $\bar{t}_{l,C.B.}$ при распиловке бревен вразвал (137 ... 141 с) на 30 ... 50 с выше, чем при распиловке бревен с брусковкой (88 ... 110 с). Применение более “тяжелых” поставов при распиловке вразвал по сравнению с более легкими при распиловке с брусковкой дают объяснение этому явлению.

Сортировка бревен увеличивает длительность их распиловки. При распиловке вразвал несортированного сырья (количество сортировочных групп $n_{CP}=1$) t_l для $d_{CP}=20$ см по уравнению (1) равно 112 с. Средняя взвешенная длительность распиловки рассортированного на 4-е сортировочные группы сырья ($n_{CP}=4, \Delta d=6$ см) $\bar{t}_{l,C.B.}=137$ с, а на $n_{CP}=6$ ($\Delta d=4$ см) — 141 с. Увеличение длительности распиловки составляет 22...26 %. Приведенные данные имитационного моделирования показывают, что при числе сортировочных групп $n_{CP}=4-6$ значения $\bar{t}_{l,C.B.}$ стабилизируются.

При распиловке бревен с брусковкой значения $t_{C.B.}$ и σ_l с увеличением количества сортировочных групп сырья уменьшаются. Так, при $n_{CP}=6$ и $\Delta d = 4$ см $\bar{t}_{l,C.B.}=110$ с, а при $n_{CP}=10$ и $\Delta d=2$ см $\bar{t}_{l,C.B.}=88$ с, т. е. на 22 с. Это объяснимо применяемыми поставами. Чем меньше число сортировочных групп, тем больше значения диапазона толщин сырья Δd в сортировочных группах и, соответственно, количество участвующих в пилении пил.

Общим выводом проведенных исследований следует считать необходимость учета дробности сортировки сырья Δd при имитационном моделировании технологических потоков лесобработывающих цехов. Сортировка бревен, увеличение сортировочных групп уменьшает t_l и увеличивает пропускную способность станка, но вместе с тем, как известно, увеличивает выход готовой продукции.

Другим значимым фактором, влияющим на длительность распиловки бревен на лесопильной раме, является длина сырья. Для выявления совместного влияния диаметра и длины несортированного сырья был проведен полный факторный эксперимент ПФЭ 2². Значения матрицы были получены имитационным моделированием по кп СТАНОК.

Математическая модель зависимости средней длительности распиловки бревен на лесопильной раме Р63–4Б

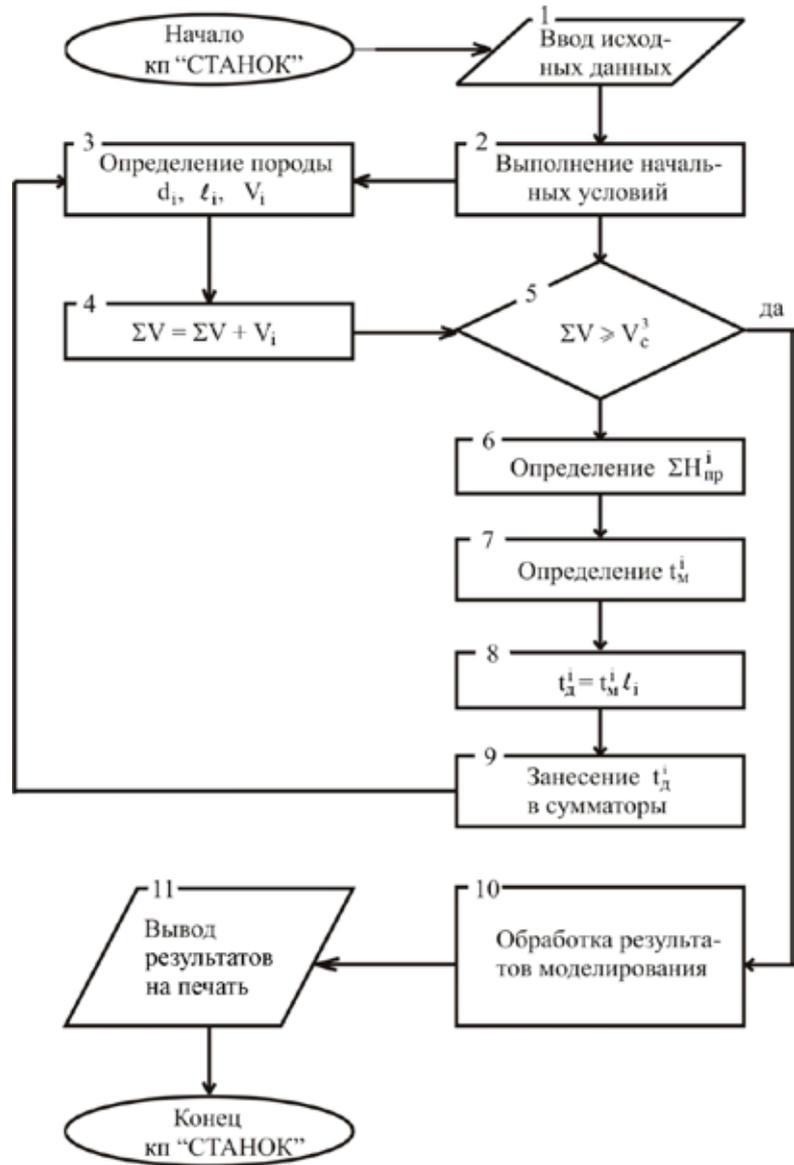


Рис. 1. Принципиальная схема компонент-программы СТАНОК

Таблица 3. Статистические параметры случайной величины t_l (длительность распиловки бревен на лесопильной раме)

Регрессионные уравнения	Коеф. ур-ний определены при	№ ур-ний
вразвал из несортированного сырья на необрезные пиломатериалы		
$t_{CP} = -4758,2256 / (-61,2142 + d_{CP})$	$d_{CP} = 16 \dots 30$ см	1
$\sigma_t = -49,8130 + 62,7661 \lg d_{CP}$		2
вразвал из 4-х размерно-сортировочных групп сырья с дробностью сортировки $\Delta d=6$ см		
$t_{CP} = 0,04167d_{CP}^2 + 4,5833d_{CP} + 11,0$	d_{CP} см = 16, 22, 28, 34	3
$\sigma_t = -0,03320d_{CP}^2 + 2,5329d_{CP} - 12,5692$		4
вразвал из 6-и размерно-сортировочных групп сырья с дробностью сортировки $\Delta d=4$ см		
$t_{CP} = 0,09263d_{CP}^2 + 1,3612d_{CP} + 60,9185$	d_{CP} см = 15, 19, 23, 27, 31, 35	5
$\sigma_t = -0,01672d_{CP}^2 + 1,5135d_{CP} + 0,6045$		6
с брусковкой из сортировочно-размерных групп сырья d_{CP} с дробностью сортировки $\Delta d=2$ см при $d_{CP}=20$ см		
$t_{CP} = 0,1066d_{CP}^2 - 3,9588d_{CP} + 120,6301$	d_{CP} см = 14 ... 28, 31, 35	7
$\sigma_t = 0,02133d_{CP}^2 - 0,7635d_{CP} + 23,3522$		8
с брусковкой из сортировочно-размерных групп сырья d_{CP} с дробностью сортировки $\Delta d=4$ см при $d_{CP}=20$ см		
$t_{CP} = -0,04688d_{CP}^2 + 3,4509d_{CP} + 56,7121$	d_{CP} см = 15,19,23,27,31,35	9
$\sigma_t = -0,01007d_{CP}^2 + 0,7131d_{CP} + 10,4922$		10

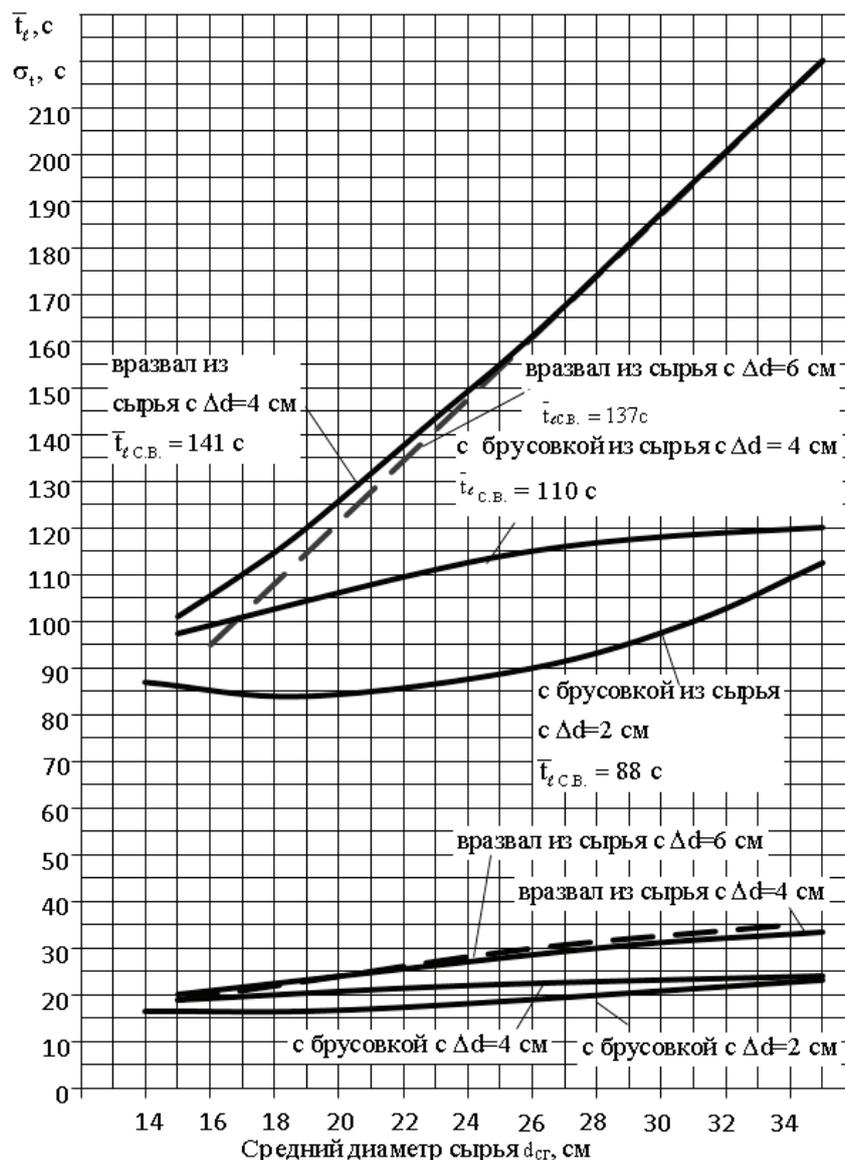


Рис. 2. Статистические параметры случайной величины t_t в зависимости от способа раскряга круглых лесоматериалов на лесопильной раме и степени дробности сортировки сырья на сортировочно-размерные группы

от средней толщины d_{cp} и средней длины сырья l_{cp} имеет вид $\bar{t}_t = 2,28d_{cp} + 20,25l_{cp} - 53,31, c$. [8].

Модель адекватна, соответствует средним условиям $d_{cp} = 20 cm$ и $l_{cp} = 6 m$ с диапазоном варьирования факторов $16,88 \leq d_{cp} \leq 23,12 cm$ и $5,5 \leq l_{cp} \leq 6,5 m$. Таким образом, при выборе станков для технологического процесса лесобрабатывающего цеха необходимо учитывать параметры сырья. Наиболее значимыми из них

являются средняя толщина d_{cp} , средняя длина l_{cp} , дробность сортировки. Учет дисперсий названных параметров сырья на показатели функционирования станков в технологических потоках возможен на имитационных моделях. Знание влияния параметров сырья на пропускную способность станков позволяет более обоснованно проводить их выбор и (или) назначать для них соответствующее сырье.

Литература:

1. Чамеев, В. В. Комплекс-программа ZECH для решения задач анализа и синтеза в лесо-обрабатывающих цехах / В. В. Чамеев, В. В. Обвинцев // ИВУЗ, Лесной журнал. — Архангельск: АГТУ, 1996. — N 4–5. — с. 168–175.
2. Чамеев, В. В. Управление лесобрабатывающими цехами лесопромышленных предприятий на базе комплекс-программы ZECH / В. В. Чамеев, В. В. Обвинцев, Д. М. Солдатов // ИВУЗ, Лесной журнал. — Архангельск: АГТУ, 2000. — с. 5–6. — с. 36–42.
3. Чамеев, В. В. Обоснования технологического процесса лесопильного цеха для малого бизнеса / Чамеев В. В., Еремеев А. А.: УГЛТУ. — Екатеринбург, 2011. — 72 с. Деп. в ВИНТИ 28.03.11, N 146-B2011.

4. Чамеев, В. В. Методология исследования и проектирования технологических процессов лесоперерабатывающих цехов по выработке пиломатериала / В. В. Чамеев, А. А. Еремеев // Леса России и хозяйство в них: жур. Вып. 2 (32) / Урал. гос. лесотехн. ун-т. — Екатеринбург, 2009. — с. 64–71.
5. Редькин, А. К. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок: учебник для вузов / А. К. Редькин, С. Б. Якимович. — М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. — 504 с.
6. Советов, Б. Я. Моделирование систем: Учебник для вузов. — 3-е изд., испр. и дополн. / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. — М.: Высшая школа, 2003. — 343 с.
7. Чамеев, В. В. Обзор исследований по основным параметрам и операциям в лесоперерабатывающих цехах / В. В. Чамеев, А. А. Еремеев // Леса России и хозяйство в них: жур. Вып. 2 (32) / Урал. гос. лесотехн. ун-т. — Екатеринбург, 2009. — с. 61–64.
8. Чамеев, В. В. Планирование экспериментов на имитационных моделях комплекс-программы «ЦЕХ» / В. В. Чамеев, К. В. Ивачёва, Р. А. Укусов, В. В. Терентьев // Леса России и хозяйство в них: жур. Вып. 1 (44) / Урал. гос. лесотехн. ун-т. — Екатеринбург, 2013. — с. 104–107.

Применение теплового насоса в Ленинградской области

Чернышев Дмитрий Андреевич, магистрант;
Агишев Камиль Наилевич, магистрант;
Коренькова Елена Сергеевна, магистрант;
Соколов Богдан Владимирович, магистрант
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Сегодня в мире в качестве альтернативного источника отопления очень широко применяется тепловой насос. Но Россия в этом вопросе находится едва ли не на самом последнем месте. В статье подсчитаны финансовые затраты на теплоснабжение тепловым насосом и традиционными отопительными агрегатами здания в Ленинградской области за отопительный период и выполнен экономический анализ их применения.

Ключевые слова: тепловой насос, энергоэффективность, геотермальная энергия, низкопотенциальная энергия, теплоснабжение, возобновляемые источники энергии.

Nowadays heat pump is widely used as a source of heating in the world. However, in Russia the question of application of the heat pump takes the last place. The article estimated the financial cost of heat supply by the heat pump and traditional heating units of the building in the Leningrad region during the heating period. Economic analysis of the use of their application have done.

Keywords: heat pump, energy efficiency, ground source heat pump, renewable energy.

Развитие страны во многом зависит от эффективного использования ее природных ресурсов, в особенности топливно-энергетических. Россия, обладая огромными запасами традиционных топливно-энергетических ресурсов, одновременно располагает большим потенциалом альтернативных источников энергии, которые по сей день в нашей стране недооценены, несмотря на тенденцию развития альтернативной энергетики соседних европейских стран. Наиболее востребованной энергией в России является тепловая, применяемая в основном для теплоснабжения жилых и общественных зданий.

Заменой традиционных источников тепловой энергии, а именно газовых, жидкостных и твердотопливных котлов, а прямого электрического отопления, может стать теплонасосная система теплоснабжения. Одним из эффективных мероприятий по экономии топлива представляется широкое применение тепловых насосов (ТН). ТН преобразует природную низкопотенциальную теплоту,

а также тепловые отходы в теплоту более высокой температуры, пригодную для теплоснабжения [1].

По данным Европейской Ассоциации тепловых насосов (ЕНРА) в период 2005–2014 год в Европе было продано больше 6,5 млн. тепловых насосов [2]. В мире сегодня эксплуатируется по некоторым данным более 130 млн. тепловых насосов. По данным Международного Энергетического Агентства доля теплоснабжения к 2020 году в развитых странах тепловыми насосами будет составлять 75% [3].

В России самым потребляемым топливом является природный газ, который поступает к потребителям по магистральным трубам. Несмотря на то, что Россия является одним из крупных поставщиков газа, уровень газификации недостаточен и равен на 2014 год 65,4% по всей стране, и 54,6% в сельской местности [4].

Одним из главных преимуществ теплонасосной технологии безусловно является ее автономность в работе, что

особенно приемлемо для населенных пунктов, где есть нехватка традиционных источников энергии или их потребление слишком дорого и неэффективно. С такой проблемой сталкивается и Россия, поэтому широкое применение тепловых насосов могло бы помочь решить данный вопрос.

Эффективность применения тепловых насосов напрямую связано с температурным режимом региона: чем среднегодовая температура воздуха в регионе выше, тем эффективнее работа теплового насоса. Поэтому наиболее популярны тепловые насосы в регионах с относительно теплым климатом. Но несмотря на это, сегодня, например, в Финляндии более половины строительных фирм, которые занимаются строительством частных домов в качестве источника отопления выбирают тепловые насосы. По данным Финской Ассоциации тепловых насосов (SULPU) к 2020 году в Финляндии планируется установить более миллиона тепловых насосов, которые будут производить

8 млрд. кВт · ч возобновляемой энергии [5]. В России же опыт использования тепловых насосов пока невелик, однако целесообразность их применения в нашей стране возрастает с ростом цен на топливо и электроэнергию.

Принцип работы теплового насоса и их классификация

Принцип действия теплового насоса известен более ста лет. Он заключается в передаче внутренней энергии от энергоносителя с низкой температурой к энергоносителю с более высокой температурой. Так как по второму закону термодинамики тепловая энергия переходит от более низкого температурного уровня к более высокому, то для достижения теплонасосного цикла необходимо использовать внешнюю приводную энергию [6]. На рисунке 1 показана принципиальная схема работы ТН.

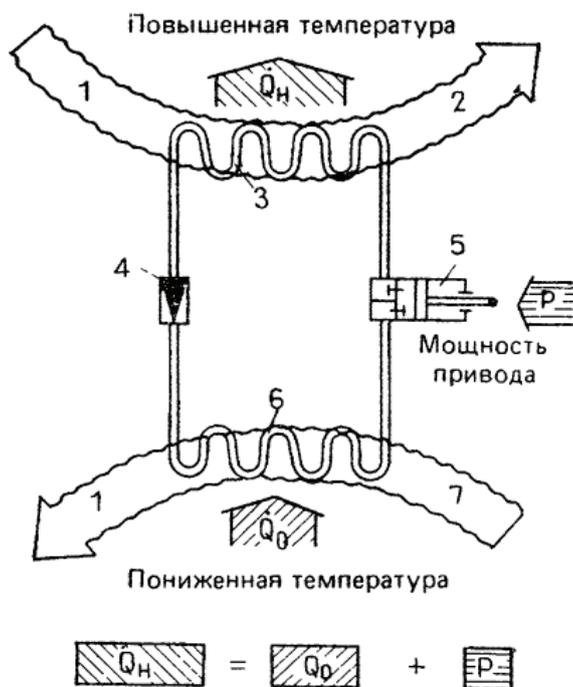


Рис. 1. Теплонасосный цикл: 1 — низкопотенциальное тепло, 2 — приемник теплоты, 3 — конденсатор, 4 — регулирующий вентиль, 5 — компрессор, 6 — испаритель, 7 — источник теплоты

Рабочим телом в тепловом насосе является вещество, кипящее при низкой температуре, названная хладагентом. Энергоноситель, отбирающий необходимую теплоту с источника низкой потенциальной энергии, попадает в испаритель. В испарителе тепло передается хладагенту и жидкий хладагент обращается в пар. Далее пары всасываются компрессором и сжимаются в нем до высокого давления. При сжатии температура паров растет, что создает возможность отдачи тепла теплоприемнику. Пары хладагента при высоком давлении и высокой температуре поступают в конденсатор, где происходит съем теплоты с помощью энергоносителя, который является приемником тепла. Конденсируясь, пар хладагента отдает те-

пловую энергию, переходя в жидкую фазу. Далее жидкий хладагент проходит через регулирующий вентиль (дроссель клапан) и поступает обратно в испаритель. В регулирующем вентиле давление жидкого хладагента снижается до давления в испарителе.

Таким образом полная производительность складывается, как показано на рисунке 1, из двух составляющих теплоты истопника низкой потенциальной энергии Q_0 и приводной мощности P , с помощью которой повышается температура.

Тепловые насосы, работающие на базе компрессора называются **парокомпрессионные**. По типу используемого компрессорного оборудования делятся на

спиральные, поршневые, винтовые и турбокомпрессорные. По виду привода компрессоры делятся на электроприводные, с приводом от двигателя внутреннего сгорания, с приводом от газовой турбины. По типу низкопотенциальному источнику и нагреваемого энергоносителя пароконденсационные тепловые насосы подразделяются на типы: «грунт-вода», «вода-вода», «воздух-вода», «воздух-воздух», «вода-воздух» [7]. По такому же принципу работают и абсорбционные тепловые насосы (АТН), но в котором за место механического компрессора работает термический в виде дополнительного циркуляционного контура раствора с генератором и абсорбентом [6].

АТН работает за счет способности раствора абсорбента всасывать водяные пары, обладающие более низкой температурой, чем раствор. Вода выступает в качестве хладагента закипает под вакуумом на трубном пучке испарителя за счет теплоты, удаляемой от циркулирующей в трубках охлаждаемой среды (источника низкопотенциальной теплоты). Водяные пары поглощаются раствором абсорбента на трубном пучке абсорбера с выделением теплоты, которая отводится нагреваемой водой, циркулирующей в трубках. Разбавленный раствор из абсорбера откачивается в генератор, где на трубном пучке осуществляется регенерация (выпаривание) поглощенных в абсорбере водяных паров за счет теплоты греющего теплоносителя. Сконденсированные нагреваемой водой водяные пары хладагента возвращаются в испаритель, а концентрированный раствор — в абсорбер [8].

Абсорбционные тепловые насосы существуют двух основных видов: солевые и водоаммиачные. В водоаммиачных машинах хладагентом является аммиак, а абсорбентом вода. В солевых машинах вода — это хладагент, водный раствор соли — абсорбент. Сегодня в мире используют в основном солевые АТН, в которых абсорбентом является водный раствор соли бромистого лития ($H_2O/LiBr$) [7].

Сегодня в России в частном секторе применяются в основном пароконденсационные компрессоры с электроприводом типа «грунт-вода», «воздух-вода», «воздух-воздух» и «вода-вода». Преимуществом ПТН с электроприводом является простота их энергосбережения, что является одним из главных факторов при выборе теплового насоса [9].

Оценка эффективности теплоснабжения здания с помощью ТН на примере здания в Ленинградской области

Одной из главных характеристик, описывающих эффективность работы ТН, является коэффициент преобразования или трансформации (COP — coefficient of performance). Он определяется как отношение произведенного тепла $Q_{н}$ к подводимой энергии P , т.е.:

$$COP = Q_{н} / P \quad (1)$$

При температуре энергоносителя $95-105^{\circ}C$, что обычно используется в традиционных радиаторах, ТН имеет $COP < 2,0$. В системах отопления на базе ТН обычно применяют панельно-лучистое отопление (систему «теплые полы»), при этом $COP > 3,0$.

В качестве расчетной модели будем использовать реальный объект в Ленинградской области. В расчете учтем, что магистральный природный газ для данного региона отсутствует. Характеристики здания:

назначение здания — гостиница;

отапливаемая площадь здания — $1619m^2$;

класс энергоэффективности здания «С» с расчетной удельной характеристикой расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания $q_{от}^p = 0,29 \text{ Вт}/m^3 \cdot ^{\circ}C$;

расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период $Q_{от}^{год} = 179231 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 645232 \text{ МДж}$.

Рассчитаем и сравним финансовые затраты на снабжения теплом данного здания в зависимости от вида отопительных агрегатов, приведенные в таблице 1.

Из таблицы 1 наглядно видно, что финансовые затраты на отопление тепловым насосом ниже по сравнению с другими способами отопления. Необходимо заметить, что расчет производился на основании того, что применяем пароконденсационный тепловой насос типа «грунт-вода», который является наиболее эффективным к применению в данном регионе.

Помимо относительно низких годовых затрат на отопления, к преимуществам ТН можно отнести его повышенную пожарную безопасность. Тепловые насосы, применяемые для жилого малоэтажного строительства, малошумны, компактны и автономны. В летний период ТН можно переключить в режим охлаждения, подключая систему «холодный потолок» или фанкойлы.

Одним из главных недостатков является большие капитальные вложения на теплонасосное оборудование, на монтаж теплообменных контуров [11]. На рисунке 2 приведен график окупаемости ТН. Из графика можно наблюдать, что срок окупаемости ТН около 20 лет, если применять его вместо пеллетного котла.

Также к недостаткам можно отнести относительно невысокую температуру нагрева воды ТН, в большинстве случаев она равна $+50^{\circ}C \dots +60^{\circ}C$. При увеличении температуры воды, уменьшается эффективность ТН и его надежность. Поэтому в большинстве случаев следует применять систему отопления «теплый пол».

Заключение

Расчет показал, что использование ТН на данном объекте при заданных климатических условиях окупит себя приблизительно через 20 лет. В данном расчете не учтены затраты на эксплуатацию отопительных агрегатов и дополнительного оборудования, а также цена топлива принята постоянной.

Таблица 1. Сравнение затрат на отопление различными отопительными агрегатами здания с классом энергоэффективности «С»

Вид отопительного агрегата	Теплотворная способность топлива	КПД отопительного агрегата	Количество топлива за отопительный период	Стоимость топлива за единицу за 2016 год	Стоимость за отопительный период, тыс. руб.	Средняя рыночная стоимость основного оборудования, тыс. руб.
Тепловой насос	-	3,4 ¹	52715кВт·ч	3,84р/кВт·ч	202,0	3500,0
Газовый котел (сжиженный газ)	26,9 МДж/л	0,9	26651л	15р/л	400,0	700,0
Дизельный котел	43,12 МДж/л	0,9	16626л	32,30р/л	537,0	500,0
Пеллетный котел	17,17 МДж/кг	0,8	46974кг	6500р/т	305,0	1500,0

1 — Коэффициент трансформации COP=3,4 для Ленинградской области [10].

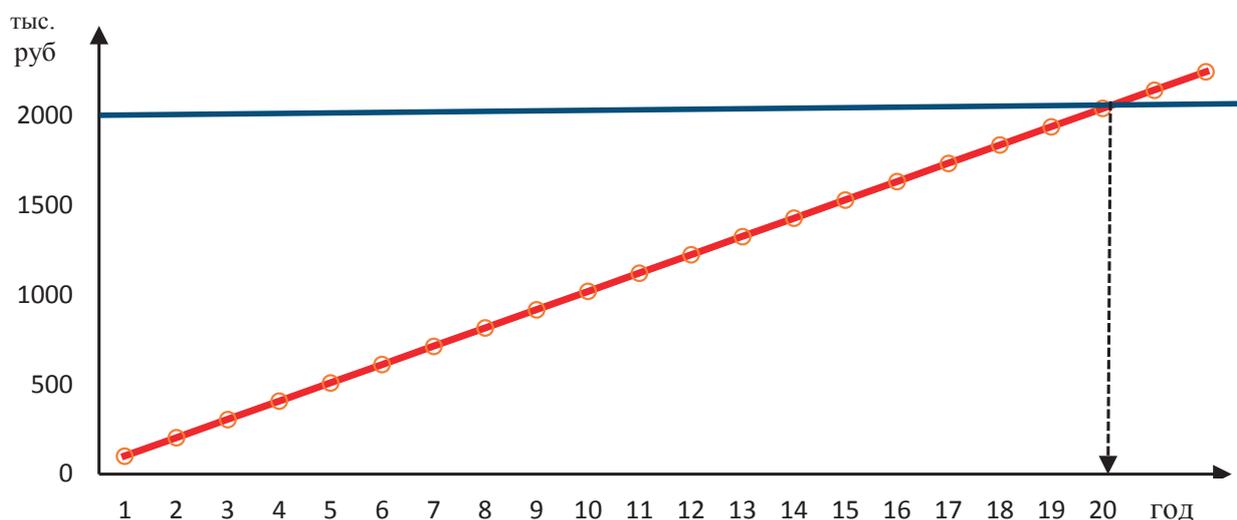


Рис. 2. График окупаемости капитальных затрат на тепловой насос при его применении

Финансовый анализ показал, что ТН является реальной альтернативой традиционному теплоснабжению. Особенно это заметно на примере здания в Ленинградской области, где существует проблема газификации населенных пунктов и автономность отопительного оборудования играет заметную роль.

Одной из актуальных задач является расширение рынка отечественных теплонасосных установок с целью уменьшение их цены, а, следовательно, их популяризации у владельцев частных домов, так как импортное оборудование требует довольно высоких начальных капитальных вложений.

Литература:

1. Е.И. Янтовский, Ю.В. Пустовалов. Парокомпрессионные теплонасосные установки. Москва. Энергоиздат. 1982.
2. http://www.ehpa.org/fileadmin/red/07._Market_Data/2014/EHPA_European_Heat_Pump_Market_and_Statistics_Report_2015_-_executive_Summary.pdf
3. Возобновляемые источники энергии. План внедрения и продвижения технологий на период до 2007 года. EREC, Renewa, le Energy House. Brussels, 2007.
4. <http://mrg.gazprom.ru/about/gasification/>
5. <http://www.tmenergy.ru/teplovyie-nasosyi/stati/ryinok-teplovyix-nasosov-finlyandii-prodolzhaet-rasti/>
6. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения. Г. Хайнрих, Х. Найорк, В. Нестлер. Пер. ред. Б.К. Янвеля. — М.: Стройиздат, 1985.

7. Корольков, А. Г. Абсорбционные бромистолитиевые водоохлаждающие и водонагревательные трансформаторы теплоты [Текст] / А. В. Попов // Проблемы энергосбережения. — 2003. — № 1 (14).
8. http://esco.co.ua/journal/2010_7/art180.pdf
9. Анализ эффективности парокомпрессионных и абсорбционных тепловых насосов тепловых насосов. Максимова Н. А. Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 6/7 (48) 2010.
10. Геотермальные теплонасосные системы теплоснабжения и эффективность их применения в климатических условиях России. В. Ф. Горнов. В. А. Лесков. П. В. Шапкин. ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ».
11. Анализ экономической эффективности при реализации теплонасосных систем для теплоснабжения. Б. И. Басок. Т. Г. Беляева. А. А. Рутенко. А. А. Лунина. Институт технической теплофизики НАН Украины.

Спортивные объекты зимней универсиады 2017

Шуленбаева Айгерим Раимбековна, магистр;
Копжасарова Айжан Егизбаевна, магистр;
Олжабаева Сапаркуль Токтасыновна, магистр
Южно-Казахстанский университет имени М. Ауезова

В данной статье рассматриваются перспективы «ЭКСПО-2017» как новый путь развития спортивных сооружений Казахстана. Для успешного проведения зимней Универсиады на высоком международном уровне, администрацией города планируется построить несколько спортивных объектов соответствующих всем международным стандартам.

Ключевые слова: спортивные сооружения, архитектура Казахстана, спортивные игры.

28 апреля 2011 года в штаб-квартире Международной Федерации студенческого спорта (FISU) в городе Брюссель (Бельгия), хозяин Азиатских игр 2011 года — город Алматы был официально зарегистрирован, как кандидат на право проведения 28-й Всемирной зимней Универсиады 2017 года. Соперником нашего города являлся итальянский город Тренто. После нескольких успешных презентаций города Алматы, как кандидата на проведение 28-й Всемирной зимней Универсиады 2017 года, а также благодаря сильной заявочной кампании, отличной спор-

тивной и сопутствующей инфраструктуре и мощной поддержке руководства, 29 ноября 2011 года в городе Брюссель (Бельгия) по итогам голосования Исполнительного комитета FISU Алматы выиграл право принять у себя Всемирные студенческие зимние игры 2017 года, или зимнюю Универсиаду. [1, с.22]

На последнем этапе борьбы за право проведения зимней Универсиады 2017 правительство Италии решило снять свою кандидатуру, в связи с тяжелой экономической ситуацией в стране. Официальное решение



Рис. 1. Алматы — столица зимней Универсиады 2017 года

о проведении Универсиады в Алматы было принято на голосовании Международной федерации университетского спорта (FISU) 29 ноября 2011 года, состоявшемся в Брюсселе (Бельгия). Таким образом, в связи с отсутствием конкурентов Алматы стала столицей 28-й Зимней Универсиады 2017 года. Кандидатуру города Алматы представил аким Ахметжан Смагулович Есимов. В ходе официальной встречи акима города Ахметжана Есимова и президента Международной Федерации университетского спорта (FISU) Клод-Луи Гальяна (Claude-Louis Gallien), аким отметил, что власти города сделают все необходимое, чтобы провести Универсиаду на самом высоком уровне. В свою очередь, решение Президента Республики Казахстан Нурсултана Назарбаева об одобрении инициативы акима города Алматы Ахметжана Есимова о проведении в городе такого крупномасштабного международного форума спорта, как зимняя Универсиада, является мощным инструментом в дальнейшем позитивном развитии имиджа нашего государства как спортивной державы. Как известно, город Алматы имеет опыт проведения крупных, международных соревнований, в 2011 году город стал одним из первых в средней Азии, который принимал зимние Азиатские игры. [2, с.12]

Впервые за всю историю проведения соревнования такого уровня было зарегистрировано рекордное количество участников (более 2500), журналистов (более 1000) и телезрителей (более 1,3 миллиарда). Для успешного проведения 7-х зимних Азиатских игр в городе были построены и реконструированы спортивные объекты мирового уровня, которые получили высокую оценку президента МОК г-на Жака Рогге и других высокопоставленных лиц международных спортивных организаций. [3, с.34]

Объекты Универсиады. Ранее сообщалось, что Казахстан затратит 950 миллионов долларов на проведение Универсиады-2017. В Алматы предстоит построить ледовый дворец, два ледовых катка, студенческий городок, олимпийскую деревню и достроить международный тер-

минал аэропорта. Такие сравнительно небольшие затраты объясняются тем, что часть объектов уже была построена к 7-м Зимним Азиатским Играм (см. Спортивные арены зимних Азиатских игр 2011), часть соревнований которых также проходили в Алматы, а некоторые существовали ранее и были просто реконструированы.

Имеющиеся спортивные объекты Универсиады:

1. Дворец спорта им. Б. Шолака
2. Международный комплекс лыжных трамплинов
3. Высокогорный Спортивный Комплекс «Медеу»
4. Горнолыжный Комплекс «Шымбулак»
5. Лыжно-биатлонный комплекс. [4, с.2]

Для успешного проведения зимней Универсиады на высоком международном уровне, администрацией города планируется построить несколько спортивных объектов соответствующих всем международным стандартам: 1. Ледовый дворец — для проведения соревнований по хоккею с шайбой, а также проведение церемоний открытия и закрытия Универсиады (вместимостью 10000 человек); 2. Атлетическая деревня — современный объект со своей собственной инфраструктурой: спортивный комплекс, супермаркет, медицинский центр, бассейн, стадион, кино-театр, круглосуточная охрана, жилые здания с комфортабельными двух- и трехместными номерами (вместимостью 5000 человек), общая площадь комплекса более 20 гектаров; 3. Ледовые арены с тренировочным катком на 4000 и 5000 мест — для проведения соревнований по керлингу и бенди (хоккей с мячом); 4. Завершить строительство 2-й и 3-й очереди Международного комплекса лыжных трамплинов. 5. Медиа-центр — единый центр СМИ Универсиады-2017. 6. Конференц холл — для проведения крупных конференций, заседаний Исполкома FISU и т.д. [5, с.5]

28-я Зимняя Универсиада 2017 пройдет в казахстанском городе Алма-Ата.

Спортивные сооружения, предполагаемые к использованию во время церемонии открытия и закрытия, а также во время соревнований:

Таблица 1

№	Объект	Адрес	Виды спорта	Вместимость объекта
1	Международный комплекс лыжных трамплинов К-95, К-125	г. Алматы пересечение ул. Ремизовка и пр-та Аль-Фараби	Прыжки на лыжах с трамплина	5,500 сидячих мест, 4,000 стоячих мест
2	Лыжно — биатлонный стадион	Алматинская область Талгарский район, Солдатское ущелье	Лыжные гонки, биатлон и ориентирование на лыжах	2,600 сидячих мест. 3,600 стоячих мест
3	ВСК «Медео»	г. Алматы, выше пр-та Достык, ВСК «Медеу»	Хоккей с мячом	Около 8500 сидячих мест
4	Горнолыжная база «Чимбулак»	г. Алматы, выше пр-та Достык	Фристайл, горные лыжи	1000 сидячих мест, 2000 стоячих мест
5	Дворец спорта имени Баулуана Шолака	г. Алматы, угол ул. Байтурсынова и пр-та Абая	Церемония закрытия Азиатских игр, хоккей с шайбой (женщины)	5000 посадочных мест
5	Ледовый дворец	не определено	хоккей с шайбой (мужчины)	15000 посадочных мест

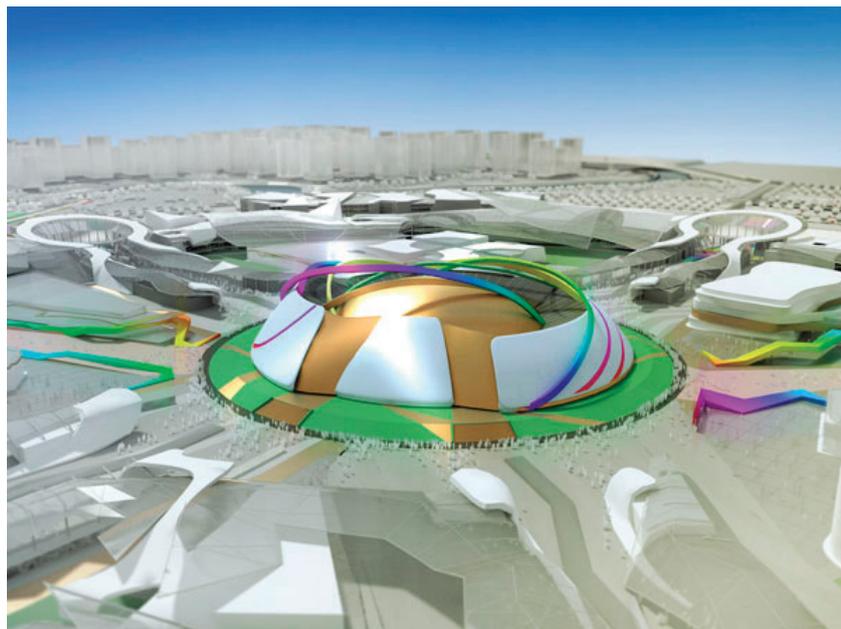


Рис. 2. Астана EXPO-2017: на тему «Энергия будущего» планируется строительство выставочного комплекса

Территория выставки EXPO 2017 будет расположена в центре Астаны, имеющем существенное архитектурное значение в системе развития города. Это место недалеко от Аллеи тысячелетия, которая находится в новом административном центре, где расположены самые современные и эксклюзивные здания города. Рядом находятся такие объекты, как Резиденция Президента Республики Казахстан, здание Парламента Республики Казахстан, министерства и ведомства Республики Казахстан, Дворец Мира и Согласия, символ Астаны — монумент «Байтерек», развлекательный центр «Хан Шатыр» и Центральный концертный зал «Казахстан». [6, с.10]

Выставку планируется развернуть в период с 10 июня по 10 сентября 2017 года, посвящена она будет альтернативным источникам энергии и «зелёным» технологиям.

Подготовлен участок, который включает в себя территорию для строительства павильонов и других необходимых помещений. Место выбрано так, что к нему удобно подъехать из центра города, международного аэропорта и железнодорожного вокзала. Экспоцентр также имеет связь с сетью междугородних дорог Казахстана, что обеспечивает быстрый доступ со всех направлений междугороднего сообщения. [7, с.20]

Общая площадь земельного участка, где планируется строительство Выставочного комплекса, составляет 113 га, из которых 25 га — это сам комплекс, а остальная часть отведена на парковки и наружное обустройство, а также город EXPO 2017. [8,9, с.14]

Литература:

1. Орельская, О. В., Современная зарубежная архитектура, Издательство: Академия, 2006 г.
2. Энтони Хассел, Дэвид Бойл и Джереми Харвуд, Современная архитектура, Издательство: Арт-родник 2010 г.
3. Р. А. Кацнельсон, “Современная архитектура Италии” Издательство: Стройиздат, Год издания: 1983
4. ВСН 46–86, Спортивные и физкультурно-оздоровительные сооружения: нормы проектирования. — М.: «Стройиздат», 1987.
5. Боков, А. В. Многофункциональные комплексы и сооружения: обзор по гражданскому строительству и архитектуре. — М.: ЦНТИ, 1973.
6. Физкультурно-спортивные сооружения. — М.: Издат. “СпортАкадем-Пресс”.1999. — 536 с.
7. Сборник руководящих материалов по физической культуре и спорту. — М.: «Профиздат», 1953.
8. ru.wikipedia.org/wiki/Спортивные_объекты_Зимней_Универсиады_2017
9. ru.wikipedia.org/wiki/Зимняя_Универсиада

Кратчайшие линии на поверхности цилиндра

Эгамов Нодирбек Муродиллоевич, преподаватель
 Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Известно, что поверхность цилиндра имеет систему прямых линий, параллельных оси цилиндра, а следовательно, и друг другу. Эти прямые называются образующими цилиндра.

Зададим на поверхности цилиндра две точки A и B (рис.1-а). Будем искать среди кривых, расположенных на цилиндре и соединяющих точки A и B , ту, которая обладает наименьшей длиной. Обозначим эту кратчайшую кривую, соединяющую точки A и B , через AB . Сначала рассмотрим случай, когда A и B не лежат на одной образующей.

Разрежем боковую поверхность цилиндра по некоторой образующей PQ (не пересекающей AB) и развернем ее на плоскость; получим некоторый прямоугольник (рис.1-б) (одна пара сторон прямоугольника, PP и QQ , получилась от разворачивания окружностей, ограничивающих боковую поверхность цилиндра; другая пара PQ и PQ , образовалась из двух краев разреза PQ). Образующие цилиндра перейдут в прямые, параллельные стороне PQ прямоугольника. Точки A и B перейдут в точки A' и B' лежащей внутри прямоугольника. Линии, соединяющие на цилиндре точки A и B , перейдут в плоские линии, соединяющие точки A' и B' внутри прямоугольника. Дуга AB — кратчайшая из линий на цилиндре, соединяющих точки A и B — перейдет в кратчайшую из плоских линий, соединяющих точки A' и B' т.е. в прямолинейный отрезок $A'B'$. Таким образом, после разворачивания боковой поверхности цилиндра в плоский прямоугольник кратчайшая дуга AB на поверхности цилиндра переходит в прямолинейный отрезок $A'B'$. Образующие цилиндра P_1Q_1, P_2Q_2

... переходит в прямые $P_1Q_1, P_2Q_2 \dots$, параллельные сторонам PQ, PQ прямоугольника PQ, QP . Углы, которые образует отрезок $A'B'$ с этими прямыми, равны как соответственные углы при параллельных линиях. Обозначим величину каждого из них через α .

Теперь свернем прямоугольник PQ, QP (склеив его противоположные стороны PQ и PQ) так, чтобы он вновь принял первоначальную форму цилиндра. Точки A' и B' перейдут вновь в точки A и B цилиндра, а прямолинейный отрезок $A'B'$, их соединяющий — в кратчайшую дугу AB на поверхности цилиндра; углы отрезка $A'B'$ с прямыми P_1Q_1, P_2Q_2 перейдут в равные им углы между дугой AB и образующими $P_1Q_1, P_2Q_2 \dots$ цилиндра. Так как прямая $A'B'$ пересекла все прямые, параллельные PQ , под равными углами α , то кратчайшая дуга AB в которую переходит $A'B'$, пересекает все образующие цилиндра под равными углами α (рис.1-а).

Рассмотрим особый случай, когда точки A и B лежат на одной образующей (рис.2-а). В этом случае, очевидно, отрезок AB образующей будет кратчайшим расстоянием между точками A и B на поверхности цилиндра.

Выделим еще случай, когда точки A и B лежат на одном круговом сечении цилиндра (рис.2-б). Дуга AB этого сечения перпендикулярна ко всем образующим. Она служим кратчайшей дугой, соединяющей точки A и B .

Если разрезать цилиндр по образующей, не пересекающей дуги AB , и развернуть его в плоский прямоугольник, то в двух особо рассмотренных случаях кратчайшая дуга перейдет в отрезок, параллельный сторонам прямоугольника. Во всех остальных случаях кратчайшая линия пере-

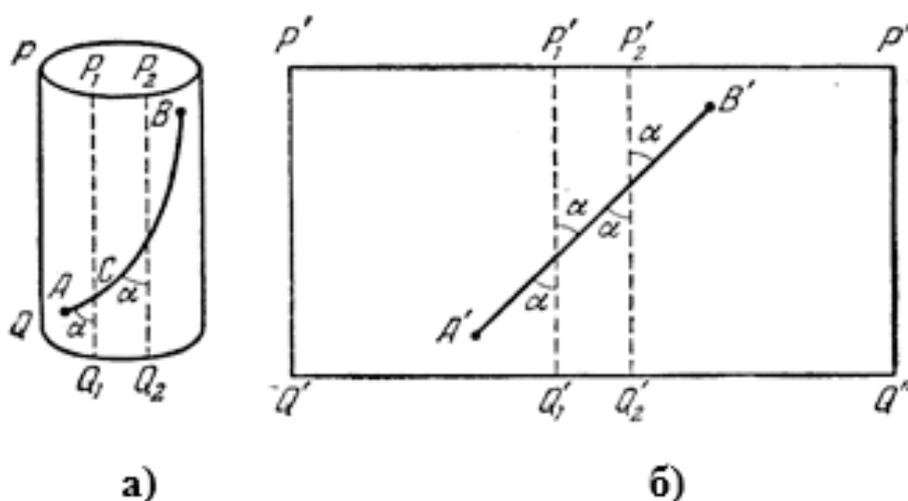


Рис. 1

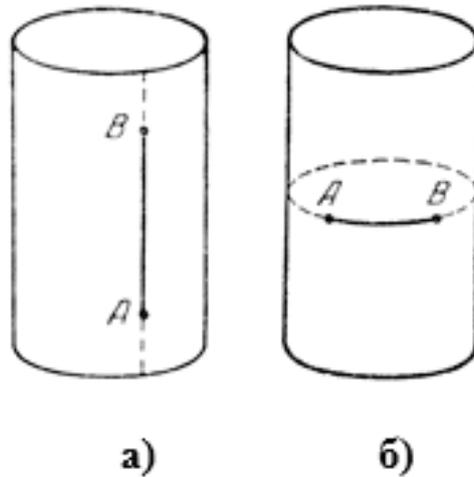


Рис. 2

секает образующие под углом, отличным от прямого (и не равным нулю).

Винтовой линией называется линия на поверхности цилиндра, которая пересекает все образующие цилиндра под равными углами, отличными от прямого.

Будем обозначать угол между винтовой линией и образующие через α . Линия, пересекающая образующие цилиндра под прямым углом, есть круговое сечение. Можно рассматривать круговое сечение как предельный случай винтовой линии, когда α обращается в прямой угол. Точно так же образующую цилиндра можно рассматривать как другой предельный случай, когда α обращается в нуль.

Рассмотрим два движения по поверхности цилиндра: движение параллельное оси (по образующей), и вращение вокруг оси (по круговому сечению) с постоянными скоростями.

Каждое из этих движений можно вести в двух противоположных направлениях. Будем считать на вертикальном цилиндре движение вверх положительным вращением

вращение на вертикальном цилиндре справа налево (для того, кто стоит вдоль оси головой вверх), или против движения часовой стрелки. Будем считать отрицательным вращением вращение слева направо — движению часовой стрелки.

Движение по винтовой линии получается в результате складывания двух движений: движения, параллельного оси цилиндра, и вращения вокруг оси. Винтовая линия называется правой, если по ней движение вверх сочетается с положительным вращением — справа налево (рис. 3), левой, если по ней движение вверх сопровождается отрицательным вращением (слева направо).

Большинство вьющихся растений (вьюнок, фасоль), завиваясь вокруг вертикальной опоры, принимает форму правых винтовых линий (рис.4-а). С другой стороны, хмель, например, принимает форму левой винтовой линии (рис. — 4б).

Пусть, двигаясь по винтовой линии, точка пересечет некоторую образующую в точке M , а при продолжении движения по винтовой линии она вновь пересечет эту же

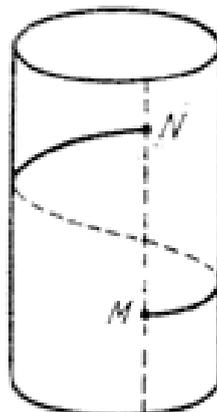


Рис. 3

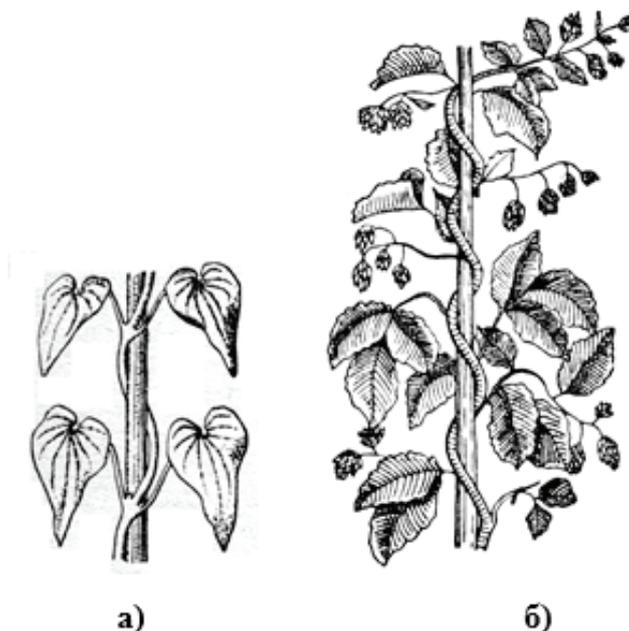


Рис. 4

образующую в точке N ; когда точка прошла дугу MN винтовой линии, она совершила полный оборот вокруг оси цилиндра; в это же время она прошла вверх расстояние, равное длине отрезка MN (рис.3). Если скорость вращательного движения равно нулю, и точка перемещается

только параллельно оси цилиндра по образующей, наступает первый предельный случай; другой предельный случай наступит, если скорость перемещения, параллельного оси цилиндра, равна нулю и точка только вращается вокруг оси по окружности.

О методах моделирования и модельных представлений

Эгамов Нодирбек Муродиллоевич, преподаватель
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Модельные представления и методы до сих пор не привлекали специального внимания историков науки и техники, и с этим связаны определенные трудности, возникающие при попытке их диахронического исследования.

Имеющий отношение к моделям исторический материал не обобщался; он разбросан по обширному и пестрому кругу различных источников. Данные о ранних стадиях развития модельных представлений приходится извлекать главным образом историко — научных историко-технических работ, посвященных другим вопросам, где они содержатся как попутная информация. Применительно к новому и новейшему времени главным источником информации о предмете нашего исследования являются специальные работы, как непосредственного посвященные моделям и моделированию, так и связанные с приложениями модельных методов к различным областям науки и техники. Очевидно, что при таких условиях не может быть уверенности в полноте использованного

фактического материала. Более того, за пределами внимания автора наверняка осталась та или иная часть источников, имеющих непосредственное отношение к предмету исследования.

Вторая трудность носит методический характер. Мы уже отмечали, что рефлексивное осознание «модельности» тех или иных научных представлений или построений почти на всем протяжении истории существенно отставало от их содержательного развития и практического использования. Поэтому, рассматривая некоторое историческое явление в сфере науки или техники с точки зрения модельных представлений, современный исследователь, вообще говоря, располагает двумя альтернативными возможностями.

Первая заключается в воссоздании той «творческой лаборатории», которая породила определенное открытие или изобретение. Подобный подход, часто связанный с выдающимися научными персоналиями, требует обстоятельного изучения системы взглядов соответствующей

эпохи, анализа стиля и логики мышления, психологических установок и вообще всего исторического фона, имеющего отношение к предмету изучения. Центральным моментом каждого такого исследования является возможно более точная и достоверная реконструкция некоторого конкретного историко-научного события в контексте современных ему взглядов и представлений. В работах научно-биографического характера, примером которых может служить монография Б. Г. Кузнецова, подобная реконструктивная методология является, по-видимому, единственно возможной.

Второй подход представляет собой анализ научных воззрений и представлений прошлого с позиций современной науки, ретроспективное исследование «исторической динамики» научной мысли на протяжении более или менее значительных промежутков времени. Естественно, что платой за широту охвата материала при этом становится меньшая чем в первом случае, глубина анализа конкретных событий и более общее их описание. Но не только это. При ретроспективном подходе к модельной проблематике нередко возникает ситуация, когда автор некоторого научного построения прошлого, и не помышлявший о моделях, в свете современных представлений несомненно имел дело с моделями.

Так, например, обращаясь к астрономическим картинам мира, мы, естественно, воспринимаем их как модели, т.е. приближенное отражение действительности, правомерное только применительно к определенному классу задач, подчиненное ряду допущений и ограничений. Однако и авторы этих построений, и многочисленные последователи видели в них проявление истинной сущности вещей, извечной и изначально совершенной «музыки сфер». Отголоски подобного, в основе своей антидиалектического подхода, не допускавшего и мысли об относительном характере научного результата, подтвержденного опытом или наблюдениями, оказались чрезвычайно живучими. Трансформируясь в соответствии с развитием научных представлений, они владели умами значительной части естествоиспытателей вплоть до XX в.

Чем, как не этим, можно объяснить, например, известное высказывание У. Томпсона (лорда Кельвина) о том, что грандиозное здание физики в уходящем XIX в. в основном завершено? Ведь это фраза прозвучала на заседании Лондонского Королевского общества не только в канун нового XX столетия, но и буквально на пороге великой революции, которая открыла необозримые горизонты теории относительности, квантово-механических представлений и физики микромира, а заодно окончательно и бесповоротно ввела в методологический арсенал естественных наук представление об относительном характере, т.е. модельной природе, любого научного результата.

В технике, а позднее и в технических науках дело обстояло несколько иначе. Мы попытаемся показать, что техническая практика во все времена служила надежным противовесом против идеалистической абсолютизации

научных представлений и данных. Однако и в этой области, обращаясь к ретроспективе, исследователь нередко сталкивается со значительными различиями в понимании и восприятии некоторого научно-технического события его современниками и оценками с нашей исторической дистанции.

Обращаясь к историческим истокам моделей и моделирования в современном понимании этих терминов, необходимо выделить по крайней мере три линии их развития, которые веками существовали, не пересекаясь, и начали осознаваться как нечто единое лишь начиная с последней трети прошлого столетия.

Первая, древнейшая линия развития объектов, восходящая ко временам бронзового века, связана с технологией обработки металлов литьем, с оборудованием для литейного производства. Данные археологии позволяют утверждать, что уже в III тыс. до. н.э. существовали изделия из бронзы и драгоценных металлов (оружие, инструменты, предметы культа, украшения), которые не могли быть выполнены иначе, чем путем отливки в формы, изготовленные по соответствующим образцам — моделям. Функции древних линейных моделей вполне совпадают с функциями аналогичных современных объектов, хотя термин «модель» здесь может употребляться лишь условно, ибо он более позднего латиноязычного происхождения.

Вторая линия развития модельных представлений тоже была связана с материальными или, точнее, вещественными образцами изделий либо сооружений, которые использовались при решении архитектурно-строительных и технических задач в материальной культуре античного мира. Датировать, хотя бы с точностью до века, первые шаги, сделанных в этом направлении, из-за отсутствия источников, по-видимому, невозможно. Однако уже в «Своде механики» Филона Византийского (II в. до. н.э.) модели в этом смысле упоминаются как предмет общеизвестный и не требующий пояснений: «... необходимо иметь также метод, при помощи которого по малой модели можно сделать настоящие произведение точно передавая соотношение всех соответствующих частей». Обусловленная промышленной революцией социальная атмосфера Англии и других стран, вступивших на путь капиталистического развития, стимулировала широкий общественный интерес к технике и ее проблемам и способствовала привлечению к решению технических задач целого ряда ведущих ученых. Известно, что такие классики науки, как И. Ньютон, Л. Эйлер, Д. Бернулли, и многие другие выдающиеся исследователи этого периода самое серьезное внимание уделяли совершенно конкретным задачам техники и технологии, транспорта и строительства. Многие из получившихся при этом результатов носили фундаментальный характер и пополняли собой теоретический арсенал математики и естественных наук. С другой стороны, те же результаты, но в приспособленном для практического использования в инженерном деле виде и дополненные необходимыми

опытными данными, должным образом обработанными и обобщенными, возвращались в сферу технической практики в форме типовых идеальных конструктов (законов, расчетных формул, элементов теории), образуя ядро принципиально новых по своему характеру при-

кладных научных дисциплин — нарождавшихся технических наук.

Энергичная экспансия науки в техническую практику, начавшаяся два века назад, не могла не отразиться на сфере модельных представлений и методов.

Литература:

1. Неуймин, Я.Г. Модели в науке и технике. История, теория, практика. Ленинград: Наука, 1984. — 189 с.

Молодой ученый

Международный научный журнал
Выходит два раза в месяц

№ 8 (112) / 2016

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.
Матвиенко Е. В.
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.

Международный редакционный совет:

Айрян З. Г. (Армения)
Арошидзе П. Л. (Грузия)
Атаев З. В. (Россия)
Ахмеденов К. М. (Казахстан)
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)

Руководитель редакционного отдела: Кайнова Г. А.
Ответственные редакторы: Осянина Е. И., Вейса Л. Н.

Художник: Шишков Е. А.

Верстка: Бурьянов П. Я., 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:

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

фактический: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; <http://www.moluch.ru/>

Учредитель и издатель:

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Подписано в печать 10.05.2016. Тираж 500 экз.

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