

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

УЧЁНЫЙ

научный журнал

Man, being the servant and interpreter of Nature, can do and understand so much and so much only as he has observed in fact or in thought of the works of nature. Beyond this he neither knows anything nor can do anything.



OF THE
ADVANCEMENT
AND
PROFICITY
OF THE
LEARNING
OR THE
PARTIT
OF THE
SCIENCE
Nine B

Written in Latin

The understanding left to itself, in a sober, patient, and grave mind, especially if it be not hindered by received doctrines, tries a little that other way, which is the right one, but with little success, since the understanding, unless directed, and assisted, is a thing unequal, and quite unequal to the obscurity of things.

Francis Bacon

Toward the effecting of works, all that man can do is to put together or put asunder natural bodies. The rest is done by nature working within.

11
2015
Часть IV

ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 11 (91) / 2015

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор: Ахметова Галия Дуфаровна, доктор филологических 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

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук

Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук

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

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

На обложке изображен Фрэнсис Бэкон (1561–1626) — английский философ, историк, политик, основоположник эмпиризма.

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

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

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

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый»

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», г. Казань, ул. Академика Арбузова, д. 4

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

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

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

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

Ответственные редакторы:

Кайнова Галина Анатольевна

Осянина Екатерина Игоревна

Международный редакционный совет:

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

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

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

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)

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

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

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)

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

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

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

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

Хоссейни Амир, доктор филологических наук (Иран)

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

Художник: Шишков Евгений Анатольевич

Верстка: Бурьянов Павел Яковлевич

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Лопатин О. П.**
Расчет степени рециркуляции газодизеля при подаче газа во впускной коллектор 383
- Лысыч М. Н., Шевцова Е. П., Ермоленко С. А.**
Комбинированное многофункциональное почвообрабатывающее орудие 385
- Малова Е. Н., Авдюшина И. В., Быстрова А. А., Лаптева М. Д., Ходакова Е. Е.**
Возможности импортозамещения на предприятиях молочной отрасли..... 388
- Мелихова О. А., Чумичев В. С., Джамбинов С. В., Гайдуков А. Б.**
Некоторые аспекты криптографического взлома и повышения надежности алгоритмов шифрования..... 392
- Муратбаев А. М., Асенова Б. К., Касымов С. К., Ребезов М. Б.**
Инновационные технологии обогащения муки из различных зерновых культур (патентный поиск) 394
- Муханмедина К. Т., Валиева Д. Г.**
Анализ методов расчета статически неопределимых систем 397
- Нгуен Куок Куан, Ласкин А. С.**
Influence of working regime on unsteady loads in axial turbine stage..... 400
- Озеров С. Н., Данилов А. М.**
Предварительная оценка деятельности оператора в эргатической системе..... 404
- Поляков А. Н.**
Использование лингвистических переменных в описании марковских цепей..... 406
- Потехина А. А., Григорьев М. Г.**
Аварии на железнодорожном транспорте 408
- Родионов Д. А., Суворина И. В., Макеев П. В., Князев Ю. В.**
Классификация и назначение дозаторов 409
- Родионов Д. А., Суворина И. В., Шашков И. В., Князев Ю. В.**
Современное состояние в области роторного смесительного оборудования для переработки полимеров 413
- Родионов Д. А., Шашков И. В., Князев Ю. В., Суворина И. В.**
Современное состояние в области экструзионного оборудования для переработки полимеров 417
- Ромашин Е. П.**
Повышение энергоэффективности станций первого подъема водоподготовки посредством частотного регулирования насосов..... 421
- Рустамова М. У.**
Применение магнитно-импульсной обработки для стабилизации деталей машин..... 423
- Рыжов О. А.**
Прецизионный шприцевой насос для дозирования микрообъемов 425
- Сидорова О. Г., Шитова И. Ю.**
Исследование химической стойкости серных композитов на кварцевой муке 428
- Скрябин М. Л.**
Снижение дымности отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 430
- Скрябин М. Л.**
Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала 433

Скрябин М. Л. Влияние установочного угла опережения впрыскивания топлива на токсичность отработавших газов дизеля 4ЧН 11,0/12,5 436	Шеханов Г. В. Автоматизированная система контроля знаний по математическому моделированию 461
Скрябин М. Л. Влияние применения метанола-топливной эмульсии на содержание оксидов азота в отработавших газах 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения 439	Шиколенко И. А., Контонистова С. Л., Романова Е. С. Анализ возможности применения интеллектуальных систем освещения с интегрированными извещателями и оповещателями слаботочных систем автоматики 464
Скрябин М. Л. Влияние применения метанола с двойной системой топливоподачи в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажесодержания 442	Шинкин В. Н. Холодная правка толстого стального листа на девятироликовой машине фирмы SMS Siemag на металлургическом комплексе стан 5000 467
Скрябин М. Л. Влияние применение метанола на дымность отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 445	Ширяев Е. В. Сравнительный анализ технологий осушки газа при обустройстве газового месторождения Каменномысское-Море 472
Сухов Я. И., Гарькина И. А. Некоторые подходы к формализации управления структурой и свойствами строительных материалов 448	Шутин Д. В., Малахов А. В. Робототехнические комплексы для возведения объектов из мелкоштучных материалов 474
Толушов С. А., Немова Е. Ю., Загарина М. С. Проблемы проектирования сейсмостойких зданий 450	Эрднэбилэг С. Усиления железобетонных балок перекрытия углепластиком 477
Ульянов Р. С., Прокопьев С. В., Делибалтов В. В. Моделирование технических систем в среде Unity 3D 452	Юлдашев Ш. С., Саидов С. М., Набиев М. Я. Распространение вибраций в грунтах, возникающих при движении железнодорожных поездов 481
Ульянов Р. С., Романова Е. С., Контонистова С. Л. Имитация дневного освещения для автоматизированных систем настенного озеленения помещений 455	Яргина З. Н., Яргин С. В. Как писать учебник по градостроительству: морфофункциональный подход 483
Ульянов Р. С., Романова Е. С., Прокопьев С. В. Концепция моделирования жизненного цикла создания автоматизированных систем 458	

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Расчет степени рециркуляции газодизеля при подаче газа во впускной коллектор

Лопатин Олег Петрович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В работе представлены результаты расчета степени рециркуляции отработавших газов при работе дизеля размерности 4Ч 11,0/12,5 на сжатом природном газе.

Ключевые слова: дизель, газодизель, природный газ, рециркуляция отработавших газов, степень рециркуляции.

Применение сжатого природного газа (СПГ) в дизеле 4Ч 11,0/12,5 приводит к значительному повышению содержания оксидов азота в отработавших газах (ОГ) [1–5], поэтому необходимо решение целого ряда вопросов по организации рабочего процесса и снижению токсичности ОГ [6, 7].

Поскольку пока ещё нет единого универсального метода, обеспечивающего значительное снижение выброса с ОГ оксидов азота (NO_x) с одновременным уменьшением всего спектра токсичных компонентов, задача снижения токсичности ОГ может быть решена только за счёт приме-

нения мероприятий для конкретного типа дизельного двигателя [8].

С этой целью была разработана и исследована комплексная система снижения токсичности, включающая в себя применения в качестве моторного топлива СПГ и рециркуляции отработавших газов (РОГ). Принципиальная схема системы РОГ газодизеля представлена на рис. 1 [9–14].

Уравнение движения газа по впускной системе можно записать в виде:

$$T_p G_p + T_o G_o + T_r G_r = T_s G_s,$$

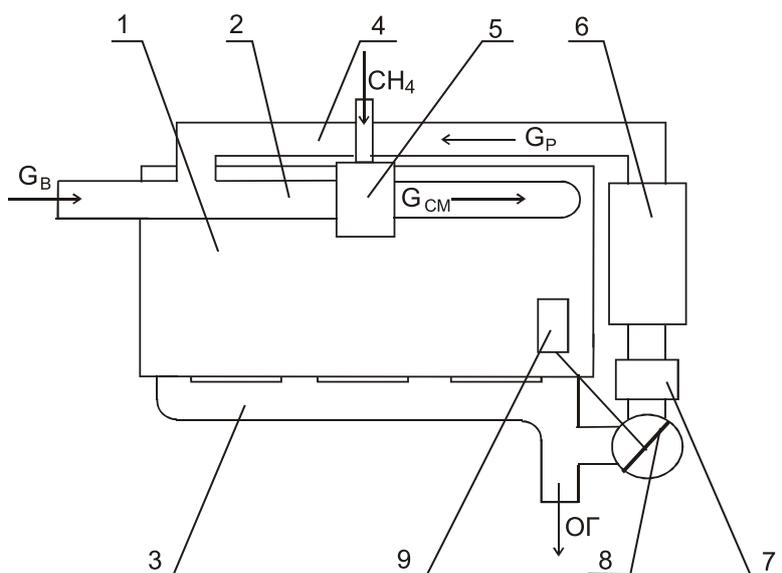


Рис. 1. Принципиальная схема РОГ дизеля при работе на СПГ: 1 — дизель; 2 — впускной коллектор; 3 — выпускной коллектор; 4 — рециркуляционный трубопровод; 5 — газовый смеситель; 6 — охладитель рециркулируемых газов; 7 — искрогаситель; 8 — заслонка; 9 — привод

где: G_o , G_r , G_p и G_s — соответственно, массовый расход всасываемого воздуха, КПП, рециркулируемых газов и смеси, T_o , T_r , T_p и T_s — соответственно, температура всасываемого воздуха, КПП, рециркулируемых газов при входе во впускной коллектор и смеси.

Для решения данного уравнения необходимо определить перепад температур во впускной системе [15–18].

Пренебрегая расходом дизельного топлива и представляя выражение степени РОГ через массовый

расход воздуха во впускной системе $\rho = \frac{G_p}{G_p + G_o + G_s}$,

получим уравнение расхода рециркулируемых газов

$$G_p = \frac{\rho}{1-\rho} (G_o + G_s) \quad [19, 20].$$

Таким образом, с учетом уравнения движения газа по впускному коллектору получим зависимость степени РОГ с учетом изменения температуры во впускной системе газодизеля: $\rho = \left(\frac{T_s - T_o}{T_p - T_s} \right) / \left(1 + \frac{T_s - T_o}{T_p - T_s} \right)$.

При этом погрешность подсчёта степени РОГ по данному уравнению не превышает 2%.

Литература:

1. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184 с.
2. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 155 с.
3. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
4. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
5. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
6. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
7. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
8. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
9. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
10. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
11. Скрыбин, М. Л. Влияние применения природного газа на содержание токсичных компонентов в отработавших газах дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при работе на номинальной частоте вращения в зависимости от установочного угла опережения впрыскивания топлива // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 101–104.
12. Лопатин, С. О., Скрыбин М. Л. Влияние применения метанола-топливной эмульсии на объемное содержание и массовую концентрацию оксидов азота в цилиндре дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки // Молодежная наука 2014: технологии, инновации. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, молодых ученых, аспирантов и студентов. Пермь, 2014. с. 96–98.
13. Лиханов, В. А., Гребнев А. В., Бузмаков Ю. Г., Скрыбин М. Л. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 6. с. 19–21.
14. Лиханов, В. А., Гребнев А. В., Бузмаков Ю. Г., Скрыбин М. Л. Улучшение токсических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2008. № 7. с. 6–7.

15. Скрябин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 202 с.
16. Скрябин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха при работе на природном газе путем снижения содержания оксидов азота в отработавших газах. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
17. Скрябин, М.Л. Исследование эффективных показателей газодизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 312–315.
18. Скрябин, М.Л. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения природного газа и промежуточного охлаждения наддувочного воздуха // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 315–318.
19. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с.
20. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.

Комбинированное многофункциональное почвообрабатывающее орудие

Лысыч Михаил Николаевич, кандидат технических наук, старший преподаватель;

Шевцова Екатерина Петровна, студент;

Ермоленко Сергей Андреевич, студент

Воронежский государственный лесотехнический университет

Рассматривается перспективная конструкция многофункционального почвообрабатывающего орудия, смоделированного в среде САПР. Анализируются его основные возможности и варианты компоновки рабочих органов. Описывается рабочий процесс орудия. Приводятся выводы о перспективах его использования.

Ключевые слова: комбинированное почвообрабатывающее орудие, компоновка, лесные вырубki, анализ, САПР

По результатам анализа вопроса состояния механизации проведения основной подготовки почвы на вырубках и обзора конструкций машин можно сделать вывод о том, что лесное хозяйство не имеет эффективного многофункционального орудия для основной предпосадочной обработки почвы способного работать в условиях нераскорчеванных вырубok, производить нарезку посадочных борозд и их культивацию за один проход, агрегатированного с тракторами тягового класса 3 тс [1, 2, 3].

Для решения поставленных задач нами предлагается орудие, имеющее двухбрусную раму, которая позволяет изменять при помощи регулировочных винтов положение дисковых батарей, с целью улучшения агротехнических показателей, повышения универсальности и адаптивности орудия. Рама и расположенные на ней предохранительные механизмы позволяют использовать различные типы рабочих органов, что значительно повышает универсальность орудия, позволяя ему в зависимости от компоновки производить как нарезку борозд, так и создание посадочных гряд, при этом культиваторные рабочие органы могут осуществлять дополнительное рыхление и формирование посадочных мест. Также возможны варианты одновременного создания двух посадочных борозд с одновременной культивацией, что может найти применение

при легких почвенных условиях и отсутствии интенсивного зарастания сорной растительностью. Рассмотрим более подробно конструкцию орудия.

На рисунке 1 приведены общие виды комбинированного двухбрусного орудия с предназначенного для использования с тракторами тягового класса 3 тс.

Орудие состоит из сцепного устройства 1, рамы состоящей из двух основных поперечных брусьев 2, двух цилиндрических поперечных направляющих 3, их кронштейнов крепления 4, опорных брусьев 5, продольных основных брусьев 6, дополнительной верхней рамы 7 и кареток 8 соединенных с винтовыми механизмами продольного перемещения 9 грядилей 10 дисковых рабочих органов 11, лемешного рабочего органа 12 и дисковых батарей 13 имеющих механизм регулировки углов установки 14. Предохранительный механизм состоит из гидроцилиндров 15 и пневмогидроаккумулятора 16.

Комбинированное орудие может иметь следующие варианты компоновки.

Создание посадочных гряд: передний брус — два сферических диска расположенные всвал и лемешный рабочий орган, расположенный по центру; задний брус — две батареи, состоящие из четырех сферических дисков установленные всвал (при необходимости возможна уста-

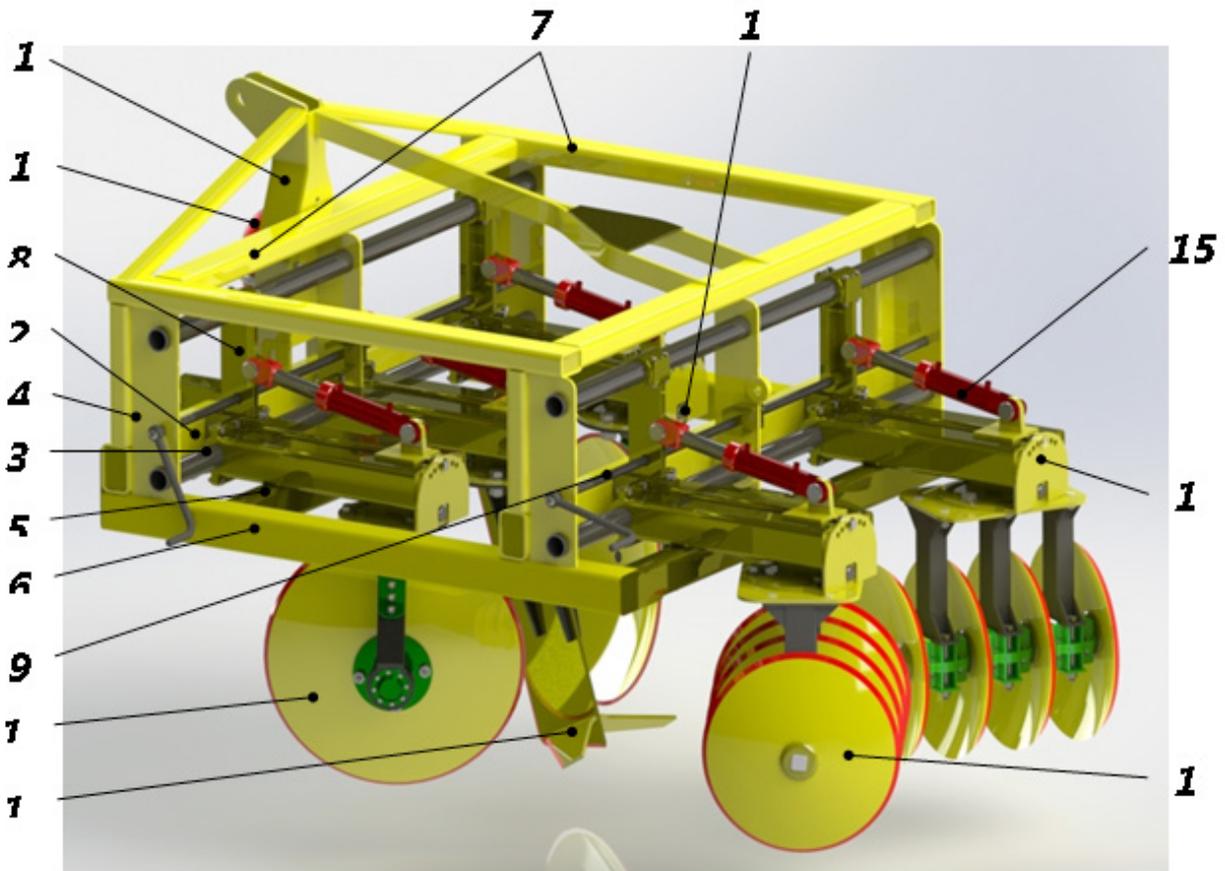


Рис. 1. Многофункциональный двухбрусный лесной культиватор

новка лемешного рабочего органа по центру для более глубокого рыхления).

Орудие работает следующим образом: близко расположенные к оси орудия диски переднего бруса образуют две борозды с пластинами, отваленными наружу при этом необработанная центральная полоса обрабатывается плоскорезным рабочим органом; дисковые батареи заднего бруса, расположенные в развал, формируют профиль и рыхлят поверхность посадочной борозды, окончательно формируя борозду; при установке второго плоскореза производится дополнительное рыхление основания посадочного места. Образуется ровный профиль гряды без глыб с хорошо разделанными растительными остатками и благоприятным распределением плодородной почвы. Расположение на одном брусce плоскореза и дисковых рабочих органов обеспечивает благоприятный силовой баланс, способствующий стабильности орудия по глубине обработки.

Создание посадочных борозд: передний брус — два сферических диска расположенные в развал и лемешный рабочий орган, расположенный по центру; задний брус — две батареи, состоящие из четырех сферических дисков установленные в развал (при необходимости возможна установка лемешного рабочего органа по центру для более глубокого рыхления).

Орудие работает следующим образом: близко расположенные к оси орудия диски переднего бруса образуют две борозды с пластинами, отваленными наружу при этом необработанная центральная полоса обрабатывается плоскорезным рабочим органом; дисковые батареи заднего бруса, расположенные в развал, формируют профиль и рыхлят поверхность посадочной борозды, окончательно формируя борозду; при установке второго плоскореза производится дополнительное рыхление основания посадочного места. Образуется ровный профиль борозды без глыб с хорошо разделанными растительными остатками и благоприятным распределением плодородной почвы.

Создание двух посадочных борозд: передний брус — два сферических диска расположенные в развал (свал); задний брус — две батареи состоящие из четырех сферических дисков установленные в свал (развал). Различные комбинации установки рабочих органов

Орудие работает следующим образом: удаленные от оси орудия диски переднего бруса образуют две борозды с пластинами, отваленными наружу (внутри); дисковые батареи заднего бруса расположенные в развал (свал) рыхлят дно борозды или отваленный пласт (зависит от схемы расстановки, угла наклона и атаки).

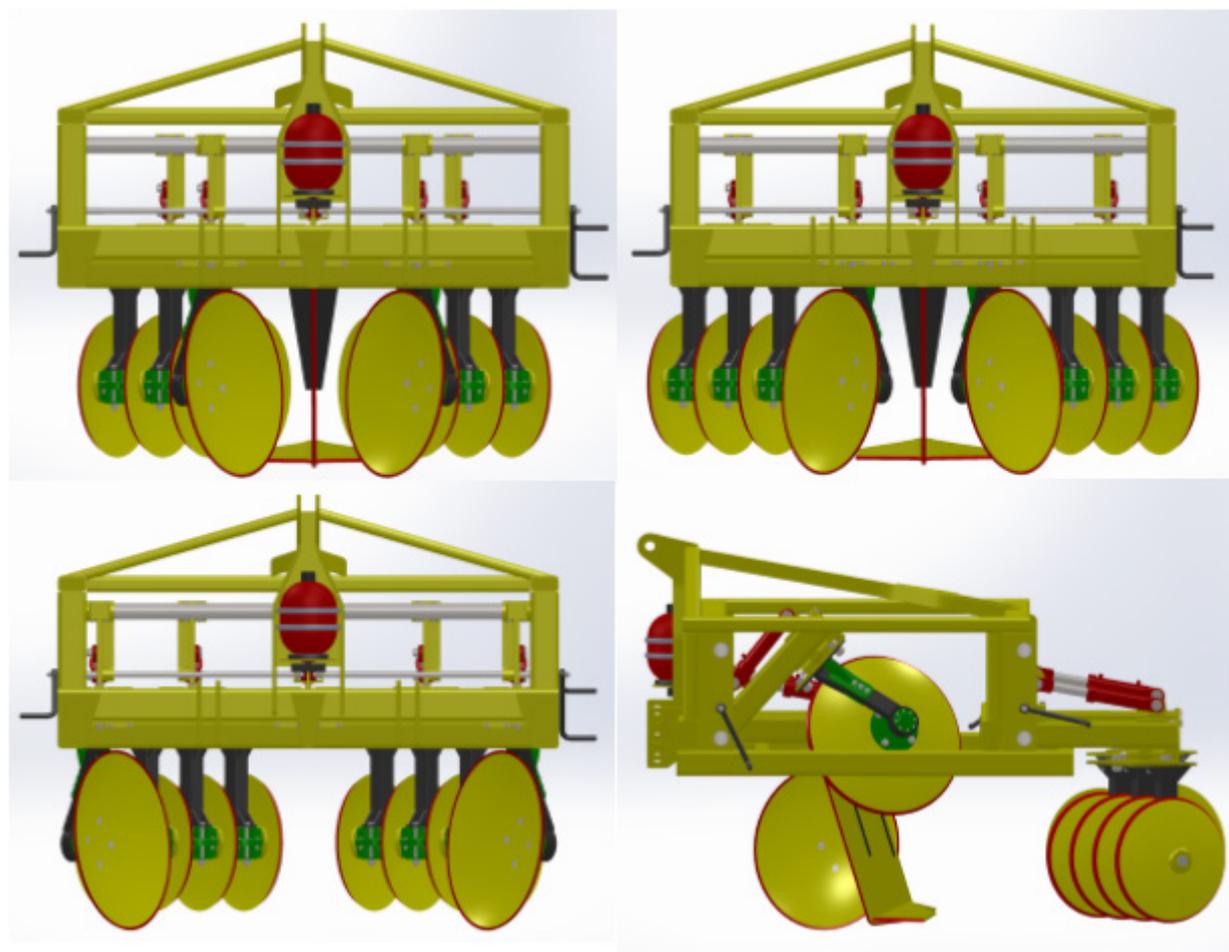


Рис. 2. Варианты компоновки многофункционального орудия: а — создание гряд; б — создание борозд; в — для создания двух борозд; г —

Предлагаемое орудие обладает высокой универсальностью и адаптивностью к различным почвенным условиям. Возможность создания как посадочных борозд так и гряд

с одновременной дополнительной обработкой позволяет не только снизить затраты за счет совмещения операций, но и повысить качество обработки почвы.

Литература:

1. Бартенев, И. М. Система машин для лесного хозяйства и защитного лесоразведения [Текст]: учеб. пособие/И. М. Бартенев, М. В. Драпалюк, М. Л. Шабанов; ВГЛТА — Воронеж, 2010. — 215 с.
2. Лысыч, М. Н. Анализ конструкций дисковых рабочих органов почвообрабатывающих орудий и возможностей их применения в условиях лесных вырубок [Электронный ресурс]/М. Н. Лысыч // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 6.
3. Лысыч, М. Н. Исследование технологических возможностей культиватора для ухода за лесными культурами на вырубках [Текст]/М. Н. Лысыч, М. Л. Шабанов, А. А. Шкильный // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции/гл. ред. В. М. Бугаков; Фед. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования «Воронеж. гос. лесотехн. акад». — Воронеж, 2014. — № 5, ч. 3 (10–3). — с. 124–127.

Возможности импортозамещения на предприятиях молочной отрасли

Малова Евгения Николаевна, студент;
 Авдюшина Ирина Владимировна, преподаватель;
 Быстрова Анастасия Александровна, студент;
 Лаптева Мария Дмитриевна, студент;
 Ходакова Екатерина Евгеньевна, студент

Магнитогорский государственный технический университет имени Г. И. Носова (Челябинская обл.)

Согласно распоряжению Правительства РФ от 02.10.2014 N 1948-р «Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по содействию импортозамещению в сельском хозяйстве на 2014–2015 годы» в России взят устойчивый курс на импортозамещение продовольствия и сырья. Главным образом, безусловно, импортозамещение касается сельского хозяйства, в том числе молокоперерабатывающих предприятий, которые вынуждены строить свою деятельность в новых условиях, связанных с ослаблением давления со стороны дешевого сырья и молочной продукции из стран Евросоюза. Меры по реализации стратегии импортозамещения сегодня являются приоритетными направлениями деятельности предприятий молокоперерабатывающей отрасли. В свете последних международных событий, применения санкций со стороны ведущих экономик мира к России, реализация политики импортозамещения приобретает еще большую актуальность. В современных условиях государственная экономическая политика все больше ориентирована на защиту внутреннего производителя путем замещения импортируемых промышленных товаров продукцией национального производства. [8]

По прогнозам Счетной палаты, отраженным в отчете «О федеральном бюджете на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов», больше всего проблем возникнет с молочной продукцией.

С июля 2013 года и до введения ответных санкций ежемесячные поставки цельномолочной продукции на территорию России составляли приблизительно 4 тыс. тонн. В августе 2014 года страны-импортеры успели ввезти 874 тонны, а с сентября по отчетную дату ноября 2014 было ввезено всего около 50 тонн цельномолочной продукции.

По данным Национального союза производителей молока (Союзмолоко) на 28 января 2015 г. объемы импорта в Россию молока и молочной продукции, за исключением сыров, значительно снизились. В таблице 1 представлены данные объема импорта в Россию молока и молочных продуктов.

Снижение объемов импорта цельномолочной продукции происходит на фоне увеличения поставок из Республики Беларусь в январе-сентябре 2014 года до 233 тыс. тонн (плюс 12,3% к январю-сентябрю 2013 года). То есть увеличение ежемесячных объемов поставок в среднем составляет более 3 тыс. тонн. Объемы импорта молочной продукции из Республики Беларусь представлены в таблице 2.

Пять основных стран-импортеров поставили в Россию в 2013 году около 36 тыс. тонн (около 90%) из общего объема 41175 тонн цельномолочной продукции. Лидером поставок стала Финляндия 18 тыс. тонн (45%). Эстония поставила более 8 тысяч тонн (20%). Доли Франции, Литвы, Польши составили от 7 до 10%. Данные по поставкам цельномолочной продукции на 2014 год представлены в таблице 3. [7,8]

А вот объемы российского производства за 2014 год увеличились к прошлому году на 102 тыс. тонн (таблица 4).

Причем если доля импорта по цельномолочной продукции невелика, что связано с более высокой рентабельностью ее производства, то в секторе сыродельной и маслодельной продукции она существенна. Это обусловлено тем, что в условиях недостатка сырого молока и отсутствия государственной поддержки молокоемких производств, каковыми являются сыроделие и маслоделие, отечественные переработчики молока менее заинтересованы в производ-

Таблица 1. Объемы импорта в Россию в тыс. тонн (без стран Таможенного Союза)

	2012	2013	2014
Цельномолочная продукция (в пересчете на молоко)	32	41	29
Сухое обезжиренное молоко	27	39	16
Сухое цельное молоко	2,4	3,6	6,6
Сгущенное молоко	0,3	2,7	1,4
Кисломолочная продукция	25	31	20
Молочная сыворотка	23	38	23
Сливочное масло	77	101	91
Сыры и творог	322	329	185
Сырные продукты	75	84	100

Таблица 2. **Объемы импорта молочной продукции из Республики Беларусь**

	январь-ноябрь 2013	январь-ноябрь 2014
Цельномолочная продукция (в пересчете на молоко)	254	292
Сухое обезжиренное молоко	87	74
Сухое цельное молоко	38	27
Сгущенное молоко	70	56
Кисломолочная продукция	59	73
Молочная сыворотка	107	109
Сливочное масло	58	61
Творог	37	41
Сыры	89	106

Таблица 3. **Основные поставщики цельномолочной продукции на территорию России в 2014 году**

	Объемы импорта (тыс. тонн)	Доля импорта (%)
1. Финляндия	13,0	48,1
2. Эстония	4,0	14,8
3. Польша	3,1	11,5
4. Латвия	2,8	10,4
5. Литва	2,1	7,8
Остальные страны	2,0	7,4

Таблица 4. **Объемы российского производства основных молочных продуктов (тыс. тонн)**

	2013	2014
Цельномолочная продукция (в пересчете на молоко)	11155	11144
Сухое обезжиренное молоко	59	84
Сухое цельное молоко	28	28
Сливочное масло	224	251
Сыры	343	378
Сырные продукты	90	116
Итого:	11899	12001

стве этих продуктов. Вырабатывающие сыр и масло, зарубежные предприятия, находясь в более благоприятных условиях, имеют в этом секторе существенные конкурентные преимущества, тем более что эта продукция отличается относительно длительными сроками годности, характеризуется более высокой транспортабельностью по сравнению с другими молочными продуктами, предназначенными для непосредственного использования в питании человека. Кроме того, часть импортных поставок сыров закрывала ту долю потребительского рынка сыров, которая в нашей стране в силу разных причин недостаточно развита (например, сыры с голубой и белой плесенью, твердые сыры, сыры из козьего и овечьего молока). [7,8]

Расширение интеграционных связей в рамках Таможенного союза стимулирует в большей части развитие белорусских предприятий, которые также находятся в более благоприятных условиях функционирования. Они обеспечены сырьем вследствие динамичного развития молочного животноводства. На большинстве из них при под-

держке государства в последние десятилетия прошли реконструкция и модернизация, что способствовало повышению эффективности производства и минимизации потерь сырья при его переработке.

Как известно, сыроделие и маслоделие — самые молокоемкие производства. В качестве примера можно привести следующие данные:

— на производство 1 т полутвердого сычужного сыра (с массовой долей сухих веществ 60% и массовой долей жира в сухом веществе 45%) идет в среднем 10 т молока, а мягкого сыра типа Адыгейский (с массовой долей сухих веществ 40% и массовой долей жира в сухом веществе 45%) — в среднем 8,5 т молока базисной жирности 3,4% и содержанием белка 3,0%;

— на производство 1 т сливочного масла традиционного состава (с массовой долей жира 82,5%) требуется около 25 т молока базисной жирности 3,4%.

Норма потребления сыров, по рекомендациям Института питания РАМН, составляет 6,1 кг/чел. в год, в том

числе натуральных сыров — от 2 до 3 кг/чел. в год; сливочного масла — от 2 до 5 кг/чел. в год в зависимости от возраста, пола и профессии.

Для обеспечения этих нормативов необходимо, чтобы собственное годовое производство сыров и сливочного масла достигало 873,4 и 502,8 тыс. т соответственно (исходя из общей численности населения России на 1 января 2015 года — 146270033 человек (с Крымом) по данным Росстата). Согласно итогам 2013 г. (данные Росстата), собственное производство сыра, включая сырные продукты (плавленные и с частичной заменой молочного жира растительным) составило в нашей стране 428,6 тыс. т, сливочного масла — 219,8 тыс. т. Таким образом, в сравнении с принятой нормой потребления мы имеем ощутимый дефицит этих продуктов, который частично замещается импортом. Так, по данным 2011–2012 гг., Россия являлась главным мировым импортером сливочного масла и сыра (соответственно 44 и 31 % в объеме мирового импорта). [7,4,5]

Объемы импорта сливочного масла в последние годы были достаточно высокими и составляли 65–72 % к объему собственного производства. Основными импортерами сливочного масла из стран дальнего зарубежья являлись Новая Зеландия, Финляндия, Уругвай и Аргентина, доля которых составляла 75–78 %. Основным поставщиком сливочного масла из стран ближнего зарубежья — членов Таможенного союза традиционно была и остается Республика Беларусь, которая располагает развитой сырьевой и технической базой. Доля масла, поставляемого из этой страны на российский рынок, составляет около 41 % от общего объема закупаемого РФ сливочного масла.

Объемы импорта сыра в последние годы составляли 47–49 % от собственного производства. Основные поставщики — страны ЕС (Германия, Польша, Нидерланды, Литва, Финляндия и др.), Республика Беларусь. Структура импорта сыров включает молодые сыры (5–6 %), твердые и полутвердые сыры (85 %), сыры с голубой плесенью (1–2 %), тертые сыры (около 1 %) и плавленные сыры (7–8 %). В 2014 г., по данным официальной статистики, в период с января по июнь было импортировано 42,6 тыс. т сливочного масла против 35,2 тыс. т в соответствующем периоде прошлого года (плюс 30,9 %). Возможно, бизнес, предчувствуя сложную ситуацию, постарался сделать запасы сливочного масла, не будучи уверенным в возможности обеспечить в дальнейшем потребительский спрос на него до конца года за счет отечественного масла. Собственное производство сливочного масла за этот период увеличилось на 14,5 % и составило 95 тыс. т (в сравнении с 83,2 тыс. т соответствующего периода прошлого года). [4,7]

Производство сыра, включая сырные продукты, за период с января по июнь 2014 г. составило 179,0 тыс. т (плюс 11,3 % к объему соответствующего периода прошлого года), а импорт сыров за этот же период — 105,4 тыс. т (минус 11,8 %). Таким образом, импорт масла и сыров, исходя из представленных данных, на настоящее время со-

ставляет 34,2 и 58,9 % к собственному производству этих групп продуктов.

Главной причиной снижения собственного производства молокоемких продуктов в настоящее время является существенное снижение объемов молока-сырья, в том числе сыропригодного, имеющего определенные показатели качества. Следует обратить внимание и на тот факт, что при изготовлении сыров используются функционально необходимые компоненты, такие как бактериальные концентраты и молокосвертывающие ферментные препараты, а сегодня импортозависимость составляет 98–99 % по бактериальным концентратам для сыроделия и 85–90 % по молокосвертывающим ферментным препаратам. Эффективное производство сыров должно базироваться на современном оборудовании, которое в недостаточном ассортименте и объеме предлагается отрасли пищевого машиностроения.

Следует отметить, что на сегодня импортозамещение в части молочного жира практически невозможно из-за недостаточного количества сырья и отсутствия высокотехнологичного отечественного оборудования для его производства.

Для выполнения задачи, которая поставлена сейчас перед промышленностью в части импортозамещения, необходимо проведение комплекса мероприятий, как со стороны государства, так и со стороны промышленности и науки:

- осуществление государственной поддержки сельхозпроизводителей, направленной на увеличение объемов молока-сырья, его товарности и качества;
- создание условий по инвестиционной привлекательности маслодельно-сыродельной отрасли;
- проведение модернизации и расширения производства отечественных бактериальных концентратов и молокосвертывающих ферментных препаратов;
- укрепление технической базы отраслевых институтов в целях развития перспективных направлений исследований, соответствующих мировому уровню, для разработки эффективных технологий продуктов нового поколения;
- организация производства отечественных белковых концентратов (казеинаты, сывороточные белки, изоляты белков) для использования в продуктах нового поколения с повышенной пищевой и биологической ценностью;
- создание импортозамещающих образцов отечественного оборудования;
- привлечение отраслевых институтов для широкого внедрения инновационных и ресурсосберегающих технологий;
- повышение профессиональной подготовки кадрового состава. [1,2,3,8]

Несмотря на достаточные простаивающие производственные мощности, увеличить выпуск отечественной продукции не готова ни одна из отраслей. Так, в молочной отрасли на сегодня эксперты видят недостаточный уровень господдержки и высокую стоимость кредитов. По данным председателя правления ассоциации «Союзмолоко» Ан-

дрея Даниленко, именно это стало причиной отсутствия новых крупных проектов в отрасли. Счетная палата видит выход в субсидировании ставок по кредитам для отечественных аграриев, которые смогут запускать проекты по созданию новых производств, центров переработки, хранения и доставки продовольствия. Однако эксперты предостерегают — если резко увеличить объем производства при закрытых внешних рынках, то при снятии эмбарго российские аграрии могут столкнуться с ассортиментным дисбалансом и низкой конкурентоспособностью, что приведет к снижению доходности производства или даже прямым убыткам. [5,8]

Правительству поручено до 15 июня совместно с региональными властями подготовить и представить предложения по дополнительной государственной поддержке сельхозтоваропроизводителей, включая крестьянские (фермерские) хозяйства, занимающиеся производством молока, а также по снижению себестоимости реализуемой продукции. Соответствующее поручение по итогам «Прямой линии с Президентом Российской Федерации», состоявшейся 16 апреля 2015 года, было опубликовано на сайте главы государства.

В ежегодной прямой линии с президентом Владимиром Путиным приняли участие представители Союзмолоко — председатель правления Национального союза производителей молока Андрей Даниленко и глава фермы «Рождество» Джон Кописки.

В рамках своего выступления Джон Кописки отметил, что сегодня в молочной отрасли существуют серьезные проблемы с доступом производителей к кредитным ресурсам, а статистические данные не отражают реальной картины в молочном животноводстве. Это не позволяет оперативно принимать меры по выходу молочной отрасли из кризиса, считают в Союзмолоке.

Владимир Путин пояснил, что в курсе проблемы падения закупочных цен ниже уровня себестоимости, и назвал увеличение субсидирования ставок по кредитам в оборотный капитал одним из способов решить эту проблему. По его словам, власти также будут договариваться о единых способах субсидирования АПК с партнерами по Таможенному союзу, а также увеличивать внутреннюю поддержку производству молока. Непростая задача импортозамещения может быть решена только комплексными мерами на основе объединения усилий государства, науки и бизнеса.

Стоит отметить, что крупнейший производитель молочных продуктов в Алтайском крае — завод плавяных сыров «Плавыч» в сложившейся на рынке ситуации стал активно расширять ассортимент производимой продукции. Вслед за сырным кремом «Фетачини», производство которого началось в 2014 году, на предприятии выпустили сливочный сыр «Маскарпоне». Такой вид сырного крема является одним из главных компонентов для приготовления кондитерских изделий в домашних условиях и на предприятиях пищевой промышленности. Продукт составляет конкуренцию европейскому аналогу не только в качественных характеристиках, но в части ценовой политики. Алтайский сыр «Маскарпоне» является примером импортозамещения. [5,6]

В случае успешной реализации стратегии импортозамещения в молокоперерабатывающей отрасли, возможно, сократить импортозависимость отрасли, обеспечить высокий уровень продовольственной безопасности страны, увеличить качество жизни и снизить уровень безработицы в регионах с развитым производством молокопродуктов, развить спрос на товары внутреннего производства, наладить эффективное функционирование локальных рынков продукции молокоперерабатывающих предприятий.

Литература:

1. Долматова, И. А., Семьянова Е. С., Курочкина Т. И., Быстрова А. А. Основные направления и перспективы развития малого предпринимательства в городе Магнитогорске [Текст]:/журнал «Молодой ученый», № 6 (86), 2015. — с. 152–155.
2. Долматова, И. А., Зайцева Т. Н., Малова Е. Н. Роль конкуренции в повышении качества и расширении ассортимента творожных изделий [Текст]/материалы IX международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова» «Качество продукции, технологий и образования» — Магнитогорск: Изд-во гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. — с. 78–80.
3. Долматова, И. А., Зайцева Т. Н., Малова Е. Н., Курочкина Т. И. Применение статистических методов контроля качества при производстве творога/И. А. Долматова, Т. Н. Зайцева, Е. Н. Малова, Т. И. Курочкина — журнал «Молодой ученый», № 20 (79), декабрь-12014. — с. 177–120.
4. Долматова, И. А., Зайцева Т. Н., Шель И. А. Обогащение рассольных сыров растительными компонентами [Текст]:/Актуальные проблемы развития общественного питания и пищевой промышленности: Материалы Международной научно-практической конференции. — Белгород: Изд-во БУКЭП, 2014. — с. 370–374.
5. Зайцева, Т. Н., Малова Е. Н. Исследование показателей качества обогащенного творога [Текст]:/Инновационный конвент «Кузбасс: образование, наука, инновации»: материалы Инновационного конвента/Сиб. гос. индустр. ун-т. — Кемерово; Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. — с. 142–144.
6. Малова, Е. Н., Зайцева Т. Н., Курочкина Т. И. Использование творожных продуктов в лечебно-профилактическом питании [Текст]:/Современные технологии и управление: материалы III Международной научно-практической конференции. — Светлый Яр, ноябрь, 2014. — с. 289–292.

7. Российский рынок молока и молочных продуктов [Электронный ресурс] // Адрес в сети Интернет: <http://www.souzmoloko.ru>
8. Свириденко, Ю.Я., Топникова Е.В., Мордвинова В.А. Проблемы и пути решения вопросов импортозамещения [Текст]: ежемесячный журнал/учредитель ЗАО «Отраслевые ведомости». — М.: Переработка молока, 2015, № 4.

Некоторые аспекты криптографического взлома и повышения надежности алгоритмов шифрования

Мелихова Оксана Аскольдовна, кандидат технических наук, доцент;

Чумичев Владимир Сергеевич, студент;

Джамбинов Сергей Владимирович, студент;

Гайдуков Анатолий Борисович, студент

Южный федеральный университет (г. Таганрог)

В данной статье будут рассмотрены различные способы обеспечения безопасности алгоритмов шифрования не путем усложнения самого алгоритма, а путем использования нескольких алгоритмов подряд. Будут рассмотрены плюсы и минусы такого подхода и способы устранения некоторых недостатков такого подхода и взлома ключа шифрования некоторыми способами.

В современном мире, когда уже трудно представить нашу жизнь без современных технологий, остро встал вопрос о информационной безопасности. Любой специалист с достаточными навыками взлома, может получить доступ практически к любой информации на компьютере. Чтобы такого не произошло стали использовать различные методы защиты информации, которые легли в основу современной криптографии. Криптография появилась несколько тысяч лет назад. В криптографии есть два направления: теоретическая часть и прикладная. Теоретическая часть — это основа всех криптографических методов, а прикладная часть содержит алгоритмы, используемые для защиты информации.

В современном мире уже не используются стандартные алгоритмы в чистом виде, они как бы изжили себя, и служат скорее для защиты индивидуальных пользователей, чем для защиты крупных коммерческих компаний, и тем более для защиты государственных тайн [1,3]. Возникает потребность в использовании нескольких алгоритмов подряд, то есть шифровать один текст следует двумя, тремя или четырьмя алгоритмами вместо одного. В данной статье будут рассмотрены именно способы шифрования с применением нескольких алгоритмов.

Одним из способов такого шифрования является многократное шифрование — это когда для одного и того же блока текста применяется вначале один алгоритм шифрования, а потом другой с большей длиной ключа [5,6].

Следует отметить, что повторное использование алгоритма с разными ключами не дает отличной защиты, как может показаться на первый взгляд. Повторное использование одного и того же алгоритма с разными ключами не увеличивает сложность взлома «грубой силой»

(это конечно если взломщику известен алгоритм защиты, но не известен ключ) [4,5,7].

Рассмотрим первый способ многократного шифрования — когда используются два алгоритма.

Если алгоритмы не связаны в группу, то взломать их в два раза сложнее. То есть, если было 2^n шагов (где n — это количество битов ключа), то становится 2^{2n} шагов. Но при использовании открытого текста такой расчет не работает. Меркл и Хеллман [5] придумали способ, который позволяет взломать такую схему двойного шифрования не за 2^{2n} шагов, а за 2^{n+1} шагов. Этот способ они применили против алгоритма шифрования DES, и результат обобщили на все блочные алгоритмы. Такой способ вскрытия назвали — «встреча посередине», с одной стороны, происходит шифрование, а с другой, дешифрование, и когда они доходят до середины, просто сравниваются [2,3].

Рассмотрим следующий способ шифрования с тремя ключами, предложенный Тачменом [5]. Суть этого метода в том, что каждый блок обрабатывается три раза с помощью двух ключей шифрования: сначала шифруется первым ключом, затем дешифруется вторым и снова шифруется первым. Дешифрация производится в обратном порядке. Такой способ шифрования называют шифрование-дешифрирование-шифрование. Если блочный алгоритм использует n -битовый ключ, то длина ключа в таком методе шифрования будет $2n$. В IBM был разработан другой вариант этого метода шифрования. Шифрование-дешифрирование-шифрование сам по себе не обладает сильной безопасностью, но этот способ шифрования был использован для улучшения алгоритма DES [4,5]. Алгоритм тройного шифрования с двумя ключами устойчив к «встрече посередине». Так же есть алго-

ритм тройного шифрования с тремя ключами. Он лучше, чем с двумя ключами, в основном, из-за большего ключа шифрования. Для вскрытия «встреча посередине», требуется 2^{2n} действий и 2^n блоков памяти. Так же существует тройное шифрование с минимальным ключом (ТЕМК). Суть такого метода шифрования заключается в том, чтобы из двух ключей получить три. Этот способ гарантирует, что для любой конкретной пары ключей наилучшим будет вскрытие с известным открытым текстом. Недостаточно определить тройное шифрование, нужно выбрать один из способов его использования. Выбор зависит от требуемой безопасности и эффективности. Два самых распространенных режима это — внутренний и внешний СВС [5]. Для обоих режимов нужно больше ресурсов, чем для однократного шифрования. К сожалению менее сложный режим влияет на безопасность. Бихам [5] проанализировал различные режимы по отношению к дифференциальному криптоанализу, и выяснил, что безопасность внутреннего СВС по сравнению с однократным шифрованием увеличивается не значительно. Для дифференциального криптоанализа используется огромное количество шифротекстов, что делает этот метод вскрытия не совсем практичным. Анализ таких режимов тройного шифрования к вскрытиям «грубой силой» и «встрече посередине» показал, что оба алгоритма безопасны [1,2,4].

Рассмотрим такой метод шифрования, как отбеливание. Отбеливанием называется способ шифрования, при котором выполняется XOR части ключа с входом блочного алгоритма и XOR с другой частью ключа с выходом блочного алгоритма. Смысл такого метода в том, чтобы помешать криптоаналитику получить открытый текст для блочного алгоритма. Можно сказать, что этот способ шифрования увеличивает работу криптоаналитика, так как ему приходится вычислять не только ключ шифрования, но и значение отбеливания. Такой метод дает защиту только для нескольких битов ключа, но это дешевый способ повысить безопасность блочного алгоритма.

Большинство экспертов заявят — зачем такие сложности в использовании нескольких алгоритмов, поскольку это трудно в реализации, когда можно изменить длину ключа. Безопасность криптосистемы зависит от длины ключа и надежности алгоритма [6,7]. Даже если предположить, что у пользователя идеальный алгоритм шифрования (хотя такое невозможно на практике), то из-за малой длины ключа алгоритм теряет свою безопасность. Для вскрытия «грубой силой» пользователю нужен малый кусочек открытого текста, шифр текста и знания длины ключа. Предположим, что у нас ключ длиной в 8-бит, то взлом «грубой силой» у нас займет 2^8 , то есть максимум 256 попыток, а если учитывать, что вероятность найти ключ, затратив половину попыток, равняется практически 50 процентам, то взлом такого алгоритма с помощью «грубой силы» не вызывает трудностей [5,6]. То есть, если у нас будет алгоритм с длиной ключа в 56-бит, то потребуется 2^{56} попыток. Предположим имеется компьютер, который подбирает 2 мил-

лиона комбинаций то, чтобы подобрать ключ потребуется 1143 лет. Любой эксперт в области информационной безопасности скажет, что не важно насколько защищен алгоритм или насколько силен ключ, важно сколько будет комбинаций и какова скорость подбора комбинаций. То есть, если у нас есть алгоритм DES с длиной ключа в 64-бита, то возможное количество комбинаций будет 2^{64} . В 1977 году Диффин и Хеллман [5] сформулировали условие существования машины по взлому DES. Эта машина состояла из миллиона микросхем, каждая из которых проверяла миллион ключей в секунду. Она могла проверить ключ длиной в 2^{64} бита за 214 дней.

Вскрытие «грубой силой» используется в основном на параллельных процессорах, когда каждый процессор проверяет своё подмножеством ключей.

Есть несколько способов взломать ключ [3,4,5,7]. Например, программный взлом вместо аппаратного, он менее затратный, но очень медленный, и не пригоден для взлома больших ключей, в отличие от взлома аппаратного. В нем используется несколько компьютеров в подборе ключей. Таким способом взломать алгоритм с ключом шифрования в 40-бит можно за несколько дней, в зависимости от скорости подбора ключей и количества компьютеров. Но взлом 56-битового ключа, где количество комбинаций больше, в отличие от 40-битового ключа, является задачей непосильной. Ведь скорость подбора комбинаций в такой системе будет намного меньше, чем в аппаратной системе.

Так же можно использовать нейронные сети, но они не слишком эффективны. Нейронные сети дают лучший результат, когда решения идут последовательно, и каждое последующее решение лучше предыдущего. Эта закономерность применяется в основном к хорошим алгоритмам шифрования, но если у нас есть плохой алгоритм шифрования, то есть не слишком эффективный, то использование такого подхода может принести свои плоды, но при этом успех 50 на 50, либо взломает ключ, либо нет.

Одним из хороших способов взлома является использование вируса, такой способ описал Брюс Шнайер в своей книге «Прикладная криптография» [5]. Суть такого метода заключается в том, чтобы использовать компьютерный вирус, который запускал бы обработку ключей в моменты «простоя» компьютера. По статистике компьютеры простаивают от 70 до 80 процентов своего времени, то есть такой способ заставляет компьютер работать в свободное время и не мешать пользователю работать. У такого подхода есть две разновидности. Первая, как было сказано выше, работает в простой компьютера, а второй, если алгоритм не слишком затратный, подбор ключей работает параллельно работе пользователя. Вирус одновременно работает на нескольких зараженных компьютерах, при этом скорость взлома ключа возрастает в несколько раз.

Так же эффективным способом взлома ключа является использование китайской лотереи [5]. Суть такого подхода заключается в том, что в любом компьютере есть

схема, которая проверяет количество ключей, на основе неё мы создаем электрическую машину, которая параллельно взламывает ключ «грубой силой». На практике такую машину реализовать очень сложно.

Также существует взлом с использованием биотехнологии [5]. Он может строиться как на генетических алгоритмах, так и на использовании «муравьиного», или «пчелиного» алгоритмов или на использовании любого

алгоритма, основанного на живой природе [7,8]. Суть такого метода заключается в том, что в клетку поступает зашифрованный текст и часть открытого текста, после чего используется взлом «грубой силой». У нас есть больше миллиона клеток, в каждой клетке происходит подбор ключей. Тогда взлом ключа шифрования занимает меньше времени, конечно, по производительности он не сравнится с китайской лотереей.

Литература:

1. Брассар, Ж. Современная криптология: М.: «Полимед», 1999. — 176 с.
2. Петров, А. А. Компьютерная безопасность. Криптографические методы защиты. — М.: ДМК, 2000. — 448 с.:
3. Романец, Ю. В., Тимофеев П. А., Шаньгин В. Ф. «Защита информации в современных компьютерных системах» — М.: Радио и связь. 2001. — 376 с.
4. Соколов, А. В., Шаньгин В. Ф. Защита информации в распределенных корпоративных сетях и системах. — М.: ДМК Пресс, 2002. — 656 с.
5. Б. Шнайер «Прикладная криптография» — Изд-во: Диалектик. 2002. — 610 с.
6. Мелихова, О. А. Основы защиты информации: Учебное пособие. — Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2014. — 108 с.
7. Kureychik, V. V. Melikhova O. A. Gaydukov A. B. Chumichev V. S. Dzhambinov S. V. Bukach S. A. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Innovative technologies in science, Vol. I (February 21–22, 2015, Dubai, UAE)». — Dubai: Rost Publishing, 2015. — P. 57–67.
8. Курейчик, В. В. Методы и модели, инспирированные природными системами // Труды Конгресса «IS&IT'13». — М.: Физматлит, 2013. — С. 94–103.

Инновационные технологии обогащения муки из различных зерновых культур (патентный поиск)

Муратбаев Алибек Манарбекович, магистрант;

Асенова Бакыткуль Кажженовна, кандидат технических наук, и. о. профессора;

Касымов Самат Кайратович, кандидат технических наук, и. о. доцента

Государственный университет имени Шакарима (г. Семей, Казахстан)

Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск)

Патентные исследования по теме «Инновационные технологии обогащения муки из различных зерновых культур» проводилось с целью отслеживания данной отрасли в Республике Казахстан и Российской Федерации. Объектом патентного исследования стала композитная мука. Хлебобулочные изделия является основными продуктами питания, поэтому исследования по повышению его качества с увеличенным содержанием белка и других необходимых для человека веществ, за счёт добавляемых натуральных компонентов, достаточно значимые [5–10].

В соответствии со стратегией индустриально-инновационного развития Республики Казахстан, экономическая мощь государства опеределяется повышением эффективности производства, ростом производительности труда, а также увеличением объемов высокотехнологической продукции. В преддверии вступления Казахстана во Все-

мирно-торговую организацию развитие мукомольно-крупяной промышленности непосредственно связана с решением таких задач: повышение качества вырабатываемой продукции; разработка технологии получения новых видов продуктов с повышенной пищевой и биологической ценностью. Технологии производства муки из зерновых культур, с целью расширения ассортимента существующей номенклатуры сортов муки и повышения пищевой и биологической ценности пищевых продуктов является важной задачей для стран Евразийского экономического союза [1]. В связи с этим при поиске нового ассортимента хлеба повышенной белковости на основе бесклейковинных мучных компонентов возникает необходимость максимально снизить ухудшение качества хлеба и его объёма [2].

Проведен анализ информации по содержанию по следующим классам (см. табл. 1).

Таблица 1. Темы, по которым проводили поиск, в соответствии с международной классификацией МПК

Индекс	Тема
A21D 2/00	Обработка муки или теста вводом добавок перед или во время выпечки
A21D 13/02	Хлебобулочные изделия из цельнозернового зерна (без отсева отрубей), из муки грубого помола или из отрубей
A21D 13/04	Хлебобулочные изделия из муки иной, чем ржаная или пшеничная
A21D 2/08	Органических веществ
A21D 2/36	Растительного происхождения

Проблема некачественного питания включает в себя: социально-экономический, медико-биологический, научно-технический (ресурсы, технологии и оборудование) и организационно-производственные аспекты. Следовательно, она требует системного изучения и комплексного решения [3].

Как всем нам известно, пшеница является наиболее широко производимой зерновой культурой в мире, в своем естественном состоянии пшеница хороший источник витаминов В₁ (тиамин), В₂ (рибофлавин), В₆ (пиридоксин), Е, ниацина, а также железа и цинка. Но, как не жаль, из-за того, что большое количество этих питательных веществ сконцентрировано во внешних оболочках зерна пшеницы, значительная часть их теряется в мукомольном процессе. Хлебобулочные изделия из композитной смеси обладают высокой пищевой, в том числе биологической ценностью, а также улучшается качество изделий по органолептическим и физико-химическим показателям, увеличивается срок сохранения свежести изделий (патент РФ № 2332010 от 27.08.2008)

Способ производства хлеба включает замес теста из композитной смеси, муки, воды и другого сырья, брожение и разделку теста, выпечку хлеба. Композитную смесь готовят при следующем соотношении компонентов, сухая пшеничная клейковина, ячменные хлопья, гороховые хлопья, картофельные хлопья, ядра подсолнечника (патент РФ № 2390132 от 27.05.2010).

Известен способ производства хлеба из пшеничной муки, предусматривающий приготовление опары, содержащей изолят белка, полученный из бобовых в виде сухого порошка, пшеничной муки и дрожжевого продукта, замес теста с последующей расстойкой, формовку, выпечку (патент РФ № 2482682 от 27.05.2013).

Способ приготовления хлеба, включающий замес теста из муки, дрожжевой суспензии, солевого раствора, воды и соевого компонента, в качестве соевого компонента используют соевую сыворотку (патент РФ № 2170019 от 10.07.2001).

Композитную смесь из муки пшеничной, гречневой, овсяной и зародышевых хлопьев пшеницы в соотношении по массе, полученную композитную смесь к массе муки пшеничной хлебопекарной смешивают с электроактивированным водным раствором с параметрами. Предложенный способ позволяет получить изделия повышенной пищевой ценности за счет обогащения его белковыми

и минеральными веществами, пищевыми волокнами, витаминами гр. В, улучшить качество изделий по органолептическими свойствам (патент РФ № 2387135 от 27.04.2010).

Состав для производства хлебобулочных изделий из смеси ржаной и пшеничной муки включает муку ржаную обдирную, муку пшеничную второго сорта и дополнительное сырье. В качестве дополнительного сырья содержит чечевицу, соевую муку, сухое обезжиренное молоко. Компоненты используют при следующем соотношении: мука ржаная обдирная, мука пшеничная второго сорта, чечевица, соевая мука, сухое обезжиренное молоко. Изобретение позволяет получить изделие повышенной биологической ценности, расширить ассортимент, сырьевую базу и использовать нетрадиционное сырье при производстве хлебобулочных изделий (патент РФ № 2527298 от 10.03.2014).

Известен способ получения мучных изделий с использованием в качестве соевого компонента соевого белково-липидного комплекса, содержащего коагулированный белок соевого молока и соевое масло (патент РФ № 2550481 от 10.05.2015). Недостатком данного способа является относительно низкая биологическая ценность готовых изделий, связанная с отсутствием в соевом масле витамина Е и фосфатидов, а также пищевых волокон — клетчатки в коагулированном соевом молоке. Техническим результатом изобретения является долго не черствеющий хлеб с высоким содержанием йода и железа.

Способ производства хлеба из композитной муки состоящий в приготовлении теста, его разделке, расстойке и выпечке тестовых заготовок, согласно изобретению, пшеничной муки предварительно смешивают соевой муки, или кукурузной муки, или овсяной муки. (патент РК № 18361). Наиболее близким техническим решением, взятым нами за прототип, является композитная мука для выпечки хлеба (пред. патент РК № 18301), включающая пшеничную муку и, возможно, соевую муку, согласно изобретению, дополнительно может содержать овсяную и кукурузную муку. Недостатком прототипа является то, что композитная мука содержит, кроме муки пшеничной, только один компонент: или соевую или овсяную или кукурузную муку, поэтому не в достаточной мере повышает содержание белков, микроэлементов и витаминов в хлебе. Недостатком варианта с использованием овсяной муки является то, что она содержит глютен. Хлебобу-

лочное изделие не способно удовлетворить потребности людей, страдающих заболеваниями, связанными с нарушением обмена веществ, вследствие содержания крахмала и большого количества муки; дробленые зерна не достаточно усваиваются организмом человека.

Мука, полученная из гречневой крупы очень богата растительным белком, в состав которого входят самые полезные и необходимые организму аминокислоты. Кроме того, в гречневой муке очень много растительной клетчатки и совсем мало жиров — поэтому ее нередко используют для приготовления диетических блюд. Гречневая мука — это ценный и продукт для тех людей, которые придерживаются сбалансированного и здорового питания. В гречневой муке содержится минимальное количество сахара и углеводов. Среди полезных веществ, содержащихся в гречневой муке, стоит выделить магний, цинк, железо, калий, рутин, природные антиоксиданты, а также витамины Е и группы В. **Гречневая мука**, в отличие от пшеничной, не содержит глютен.

Рисовая мука — мука из зёрен риса, является одним из рекорсменов по содержанию растительного белка, содержит витамины, фосфор, калий и магний. Благодаря своей хорошей усвояемости рисовая мука служит основой для изготовления прикорма детей, начиная с 4–5-ти месячного возраста, не содержит глютен. Отличительной чертой рисовой муки можно назвать тот факт, что она считается крахмалосодержащим сырьем, в котором полностью отсутствует клейковина [4].

Мука, обогащенная зерновыми культурами, — это необходимость, которая продиктована объективными изменениями образа жизни, набора и пищевой ценности используемых продуктов питания. Поэтому и осуществляться оно может только на основе четко сформулированных, научно обоснованных и проверенных практикой медико-биологических и технологических принципов, определяющих решение наиболее важных проблем, возникающих при разработке, производстве и реализации композитной муки из зерновых культур.

Литература:

1. Асенова, Б. К., Касымов С. К., Муратбаев А. М., Ребезов М. Б. Композитная мука с добавлением рисовой муки в пшеничную. Качество продукции, технологий и образования: материалы X междунар. научно-практ. конф. Магнитогорск: Изд-во МГТУ им. Г. И. Носова, 2015. с. 93–95.
2. Колмаков, Ю. В., Зелова Л. А., Казыдуб Н. Г., Клинг А. П. Фасолевый компонент в хлебобулочных и кондитерских изделиях: методическое пособие. Омск: Полиграфический центр КАН, 2013. 50 с.
3. Алимкулов, Ж. Развитие инновационных технологий перерабатывающей и пищевой промышленности. Пищевая и перерабатывающая промышленность Казахстана, 2011. № 1. с. 24–27.
4. Muratbayev, A. M., Assenova V. K., Kassymov S. K., Nurimkhan G. N., Nurgazezova A. N. Food fortification. Перспективы развития науки и образования: материалы международной научно-практической конференции (28 февраля 2015 г). Тамбов, 2015. Ч 9. с. 7–9.
5. Прохасько, Л. С., Ребезов М. Б., Нурымхан Г. Н. Современные проблемы науки и техники в пищевой промышленности. Алматы: МАП, 2015. 112 с.
6. Ребезов, М. Б., Губер Н. Б., Касымов К. С. Основы законодательства и стандартизации в пищевой промышленности. — Алматы: МАП, 2015. 208 с.
7. Миронова, И. В., Галиева З. А., Ребезов М. Б., Мотавина Л. И., Смольникова Ф. Х. Основы лечебно-профилактического питания. Алматы: МАП, 2015. 112 с.
8. Наумова, Н. Л., Ребезов М. Б. Изучение потребительских предпочтений хлебобулочных изделий (на примере г. Челябинска). Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: Мат. V междунар. научн.-практ. конф.: в 2 т. Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2011. Т. I. с. 272–277.
9. Ребезов, М. Б., Наумова Н. Л., Гуря В. В., Кофанова М. Ю., Выдрин Н. В., Ребезов Я. М. Способ производства хлебобулочных изделий из пшеничной муки. Патент на изобретение РФ № 2485782 от 27.06.2013. Приоритет изобретения 12.12.2011.
10. Ребезов, М. Б., Наумова Н. Л., Кофанова М. Ю. и др. О возможности обогащения хлебобулочных изделий функциональными добавками. Техника и технология пищевых производств. 2012. № 1 (9). с. 55–59.

Анализ методов расчета статически неопределимых систем

Мухамедина Камшат Тлеукабыловна, магистр механики, преподаватель;
 Валиева Динара Галымжановна, магистр естественных наук, преподаватель
 Карагандинский государственный университет имени академика Е. А. Букетова (Казахстан)

В данной статье рассмотрены статически неопределимые конструкции к которым можно отнести ряд характерных особенностей: в статически неопределимых системах возникают меньшие внутренние усилия, что определяет их экономичность по сравнению со статически определимыми системами при одинаковых внешних нагрузках; при расчете статически неопределимых систем необходимо заранее выбрать материал конструкции, так как необходимо знать его модули упругости.

Ключевые слова: статически неопределимых систем, стержневая система, поперечные сечения, конструкция, удельный вес, продольные силы.

Статически неопределимой системой называется такая система, которая не может быть рассчитана при помощи одних только уравнений статики, так как имеет лишние связи. Иными словами, если в данной системе число неизвестных усилий в опорных стержнях (опорных реакциях) и число неизвестных усилий в элементах системы (продольных и поперечных сил, моментов) превышает число уравнений равновесия статики, то система статически неопределима.

Характерной особенностью статически неопределимых систем (в отличие от статически определимых) является то, что распределение усилий в них зависит не только от внешних сил, но и от соотношений между поперечными размерами отдельных элементов. Если элементы системы изготовлены из различных материалов, то распределение усилий зависит также от модулей упругости этих материалов [1]. Для расчета таких систем составляют дополнительные уравнения, учитывающие деформации системы. Для этого выполним анализ ее схемы. Анализ необходим, прежде всего, для того, чтобы установить степень статической неопределимости. Степень статической неопределимости равна числу так называемых лишних связей, удаление которых превращает статически неопределимую систему в определенную геометрически неизменяемую систему. Изображенная на рисунок 1, а прямоугольная замкнутая рама является системой трижды статически неопределимой, так как для превращения ее в статически определенную необходимо, например, перерезать один из ее элементов рисунок 1, б и тем самым устранить три

лишние внутренние связи. Реакциями этих внутренних связей являются: продольная сила N , поперечная сила Q и изгибающий момент M , действующие в месте разреза. Эти реакции при помощи уравнений статики не могут быть найдены. В аналогичных условиях в смысле статической неопределимости находится любая система, представляющая замкнутый контур, который всегда трижды статически неопределим [2].

В рамной конструкции, представленной на рисунок 2, а, верхний контур снабжен шарниром; в разрезе, проведенном по этому шарниру, действуют только два внутренних усилия: N и Q (рис. 2, б). Такой контур дважды статически неопределим. Если рассматривать всю систему (рис. 2, а) в целом, то она будет пять раз статически неопределима, так как нижний контур этой рамы замкнутый и, следовательно, неопределим трижды. Система, освобожденная от внутренних лишних связей, в данном случае будет состоять из двух защемленных внизу стержней с горизонтальными консолями (рис. 2, б). Необходимо заметить, что исключение лишних связей для превращения одной и той же статически неопределимой конструкции в статически определенную может быть произведено различными способами, однако число отбрасываемых связей всегда будет одно и то же.

На примере рамы, изображенной на рисунок 2, а, выясним еще одно обстоятельство. В системах, содержащих лишние опорные связи, степень внешней и внутренней статической неопределимости зависит от способа удаления связей системы. Например, при первом варианте

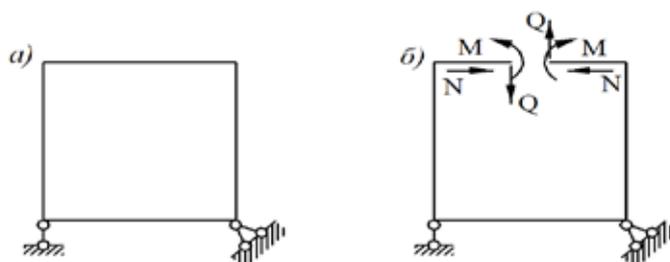


Рис. 1. Пример трижды статически неопределимой системы

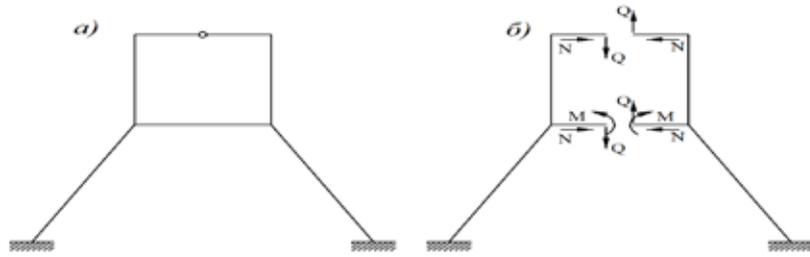


Рис. 2. Пример 5 раз статически неопределимой системы

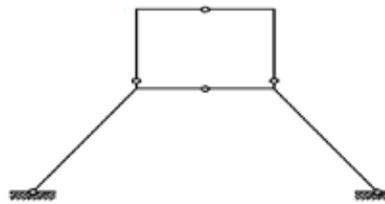


Рис. 3. Основная система для три раза внутренне и два раза внешне неопределимой конструкции

удаления связей по рисунок 2, б конструкция может рассматриваться как пять раз внутренне статически неопределимая. При втором же варианте рисунок 3 она три раза внутренне и два раза внешне неопределима. Очевидно, деление неопределимости на две категории — внешнюю и внутреннюю — имеет смысл только при определенном способе удаления связей. Такое деление, не увязанное со способом удаления связей, лишено смысла.

Включение шарнира в узел рамы, в котором сходятся два стержня, или же постановка его в любое место на оси стержня нарушит (снимет) одну связь и снижает общую степень статически неопределимости системы на единицу. Такой шарнир будем называть одинарным или простым.

При удалении связей системы необходимо следить за тем, чтобы получаемая конструкция была геометрически неизменяема. С этой точки зрения в раме, представленной на рисунок 4, а, имеющей одно лишнее опорное закрепление, было бы ошибочным удаление вертикального стержня рисунок 4, б, так как оставшиеся при этом три опорных стержня пересекались бы в одной точке

и, следовательно, не могли бы препятствовать повороту рамы вокруг этой точки. Определить усилия в этих стержнях из уравнений статики было бы невозможно, так как для сил, пересекающихся в одной точке, статика дает всего два уравнения. С точки зрения геометрической неизменяемости полученная система является мгновенно изменяемой. Правильный вариант удаления лишнего стержня указан на рисунок 4, в.

Дадим геометрическое толкование понятия статически неопределимости системы. Если в статически определимой системе (например, в ферме или трехшарнирной арке) устранить какую-либо внешнюю или внутреннюю связь, то она превратится в геометрически изменяемую систему. Следовательно, статически определимая конструкция содержит в своем составе такое количество связей, которое является минимально необходимым для обеспечения ее геометрической неизменяемости. Связи избыточные (сверх этого количества) порождают статическую неопределимость конструкции. Однако не каждая связь неопределимой конструкции может

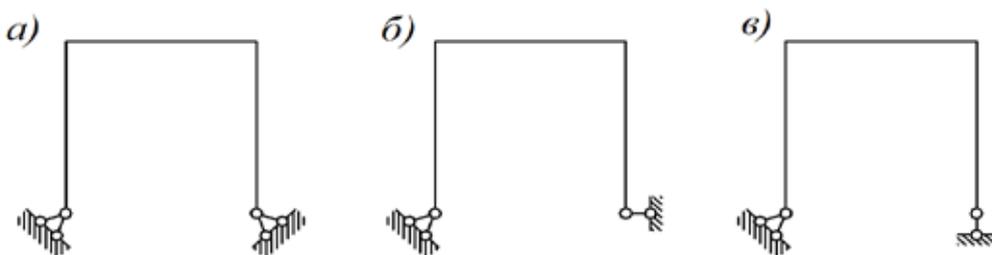


Рис. 4. Пример рамы имеющей одно лишнее опорное закрепление и варианты удаления лишнего стержня

быть принята за лишнюю, так как удаление некоторых связей может сделать конструкцию изменяемой. В этом смысле все связи проф. И. М. Рабинович делит на две категории: абсолютно необходимые и условно необходимые. К первой категории принадлежат те связи, удаление которых из статически неопределимой конструкции делает ее геометрически изменяемой рисунок 4, б. Например, на рисунке 4, а такими связями являются вертикальные опорные стержни. Удаление любого из них делает систему мгновенно изменяемой. Ко второй категории относятся те связи, удаление которых не делает систему геометрически изменяемой, например горизонтальные опорные стержни системы, изображенной на рисунке 4, в. Интересно отметить, что усилия, возникающие в абсолютно необходимых связях статически неопределимой конструкции, находятся из условий статики. Наоборот, усилия в условно необходимых связях требуют для своего разыскания изучения деформаций конструкции [3]. Отброшенные связи заменяются в основной системе внешними, вначале неизвестными силами, приложенными по направлениям отброшенных связей, причем значения этих сил подбираются из условий отсутствия перемещений по направлениям отброшенных связей. Полученная таким образом система уравнений называется системой канонических уравнений метода сил [4]. При расчете статически неопределимых систем по методу перемещений за искомые величины принимаются те перемещения, через которые можно будет определить величины внутренних усилий в любом произвольном сечении. Кроме того, пренебрегают различием длин элементов заданной системы до и после нагружения системы. Известно, что для определения изгибающего мо-

мента в произвольном сечении заданного стержня необходимо знать величины поворотов в концевых сечениях и относительные линейные смещения концов стержня друг относительно друга.

Основная система получается из заданной путем введения новых жестких связей, то неизвестными являются перемещения по направлениям этих связей, а условиями для составления уравнений — условия отсутствия реактивных сил во введенных связях. Таким путем получают канонические уравнения метода перемещений. Применяется также смешанный метод, в котором основная система получается из заданной исключением одних жестких связей и введением других. Таким способом достигается эквивалентность заданной и основной систем как в отношении внутренних сил, так и в отношении перемещений узлов, а следовательно, и деформаций. Недостатком введения основной системы является необходимость производить расчет ее несколько раз: на действие заданной нагрузки и на действие каждого неизвестного усилия в отброшенных связях или на действие каждого неизвестного перемещения по направлениям введенных связей. Существенные затруднения возникают также при вычислениях коэффициентов канонических уравнений, а также их свободных членов.

С развитием машинно-вычислительной техники на первое место выдвинулись требования автоматизации расчета и максимального упрощения составления исходных данных для машины. С этой точки зрения некоторые из классических методов расчета статически неопределимых систем оказались недостаточно удобными.

Литература:

1. Саргсян, А. Е., Демченко А. Т., Дворянчиков Н. В., Джиничвелашвили Г. А. Строительная механика. — Москва: Высшая школа, 2000.
2. Баженов, В. А., Оробей В. Ф., Дашенко А. Ф., Коломиец Л. В. Строительная механика. — Одесса: Астропринт, 2001.
3. Галеев, Э. М., Тихомиров В. М. Оптимизация: теория, примеры, задачи. — Москва: Эдиториал УРСС, 2000.
4. Баженов, В. А., Дашенко А. Ф., Оробей В. Ф., Сурьянов Н. Г. Численные методы в механике. — Одесса: Астропринт, 2004.
5. Дыховичный, Ю. А., Максименко В. А. Оптимальное строительное проектирование. — Москва: Стройиздат, 1990.

Influence of working regime on unsteady loads in axial turbine stage

Нгуен Куок Куан, аспирант;
Ласкин Александр Степанович, доктор технических наук, профессор
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

PhD Student, Nguyen Q. Q.
Professor, Doctor of Technical Sciences, Laskin A. S.
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Russian Federation

The problem of developing tested estimation methods for unsteady loads, which induce vibration of blade systems and in some cases cause their fatigue breaks, is one of the most important in modern turbine engineering, both in Russia and in the world [1–3].

The article presents the results of a numerical study of levels and nature of unsteady loads on rotor blade in axial turbine stage with various regime u/\bar{C}_0 . The numerical results were compared with experimental data obtained during the study of radial model at St. Petersburg Polytechnic University [4, 5].

Statement of the objectives and estimation methods

Within the frameworks of this research the following objectives were stated:

- assessment of levels and features of unsteady loads on rotor blades in a simulation of a turbine blade row under alteration of its modes of operation, characterized by the correlation u/\bar{C}_0 ;
- comparison of the obtained results with experimental data.

Blading section of the model is shown in figure 1, and main dimensions are shown in table 1. Rotor angular velocity was changed from 900 to 1800 rev/min, which changes the correlation u/\bar{C}_0 .

The main analysis method was numerical simulation of unsteady processes in turbo machines performed by ANSYS CFX 14.5 software. Numerical mesh was created using TurboGrid package. All numerical simulation were performed on the Computational Resource Department's cluster of SPbPU.

Momentary forces and torques $P_u(\tau)$, $M_z(\tau)$ acting on rotor blade were determined under unsteady simulations (Transient Stator-Rotor) for each point of time $\tau = t_i/50u$. Values \bar{P}_u , \bar{M}_z were determined by time averaging of values $P_u(\tau)$ and $M_z(\tau)$.

Variation ranges of force and torque were calculated using the formulas

$$\Delta P_u = P_u(\tau)_{max} - P_u(\tau)_{min}, \quad (1)$$

$$\Delta M_z = M_z(\tau)_{max} - M_z(\tau)_{min}. \quad (2)$$

Range of unsteady loads are represented as fractions of time-averaged loads $\Delta P_u/\bar{P}_u$ and $\Delta M_z/\bar{M}_z$. (3)

\bar{H}_0 is enthalpy variation estimated according to the formula

$$\bar{H}_0 = \frac{k}{k-1} R T_0^* \left[1 - \left(\frac{p_z}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]. \quad (4)$$

The numerical results were presented with varying correlation u/\bar{C}_0 where

$$\bar{C}_0 = \sqrt{2\bar{H}_0} \approx \text{const.}$$

Results

Unsteady rotor blade forces $P_u(\tau)$ and torques $M_z(\tau)$ (at $\omega = 1300$ rev/min) were obtained by numerical simulation and are shown in figure 2. Forces and torques act on rotor blade periodically, with the period of $T = 9.0210^{-4}$ s. Variation ranges ΔP_u , ΔM_z were determined by the formulas (1) and (2).

Correlations of time-averaged loads \bar{P}_u , \bar{M}_z , and respective variation ranges ΔP_u , ΔM_z from u/\bar{C}_0 are shown in figure 3–4. As rotation speed increases time-averaged values of blade loads (forces and torques) decrease, but range variations of unsteady loads increase.

In figure 5 alteration of relative unsteady forces $\Delta P_u/\bar{P}_u$ and torques $\Delta M_z/\bar{M}_z$ on u/\bar{C}_0 is presented. Matching of alteration trends is noted. The obtained values of relative range variations of unsteady blade forces and torques match with the data [1–3]. Figure 5 also demonstrates values of dimensionless load per unit $\Delta q/\bar{q}$ in relation to u/\bar{C}_1 ($\bar{C}_1 \approx \bar{C}_0$), estimated with approximate semi-empirical integral method [4]. General trend of increase of dimensionless load under growth of u/\bar{C}_0 were confirmed. Range variation level of unsteady loads under nominal regime

$u/\bar{C}_0 = 0.55$ is 50–60% of time average values. Increase of dimensionless loads are governed by low axial clearance $\Delta z_1 = 4$ mm [6]. Range variations of dimensionless loads (forces $\Delta P_u/\bar{P}_u$ and torques $\Delta M_z/\bar{M}_z$) within the range u/\bar{C}_0 of 0.4 to 0.75 increase from 20% to 90% of time-averaged values.

Dependence of relative aerodynamic force on dimensionless coordinate $\Delta z_1/(t_{1av}tg\alpha_{1av})$ is shown in figure 6 [6]. This figure explains the high level of unsteady loads under low axial clearance $\Delta z_1 = 4$ mm or $\Delta z_1/(t_{1av}tg\alpha_{1av}) = 0.2$ (point A).

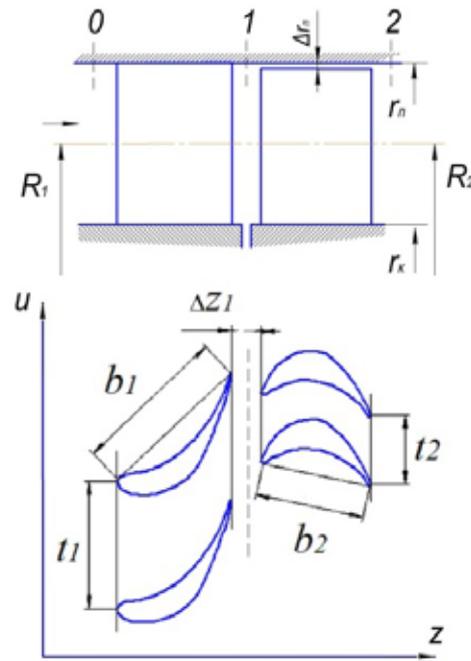


Fig. 1. Geometrical model of axial turbine stage: 1 — stator blades; 2 — rotor blades

Table 1. Geometrical parameters of the axial turbine stage

Sator midspan radius, R_1 , mm	390,12
Length of sator blade, l_1 , mm	60
Sator blade width, b_1 , mm	59
Sator pitch, t_1 , mm	47.9
Number of nozzle blade, m_1	51
Rotor blade width, b_2 , mm	41
Rotor pitch, t_2 , mm	25.4
Number of rotor blades, m_2	96
Sator-rotor spacing, Δz_1 , mm	4
Rotor blade tip clearance, Δr_{tip} , mm	1

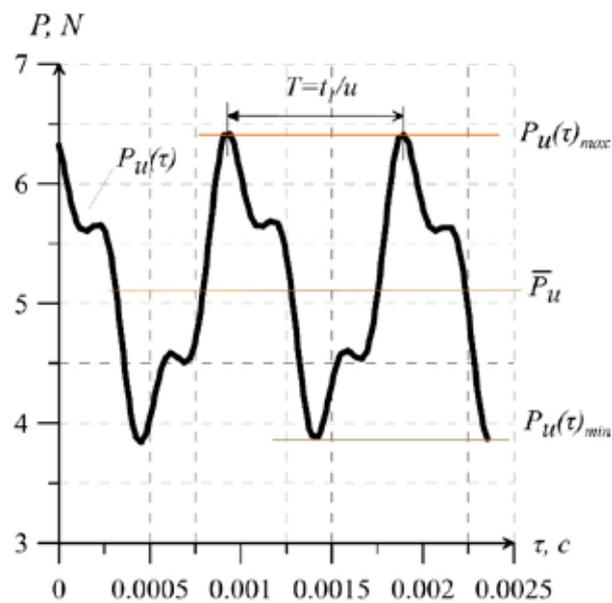


Fig. 2. Unsteady blade force and torque at $\omega = 1300$ rev/min

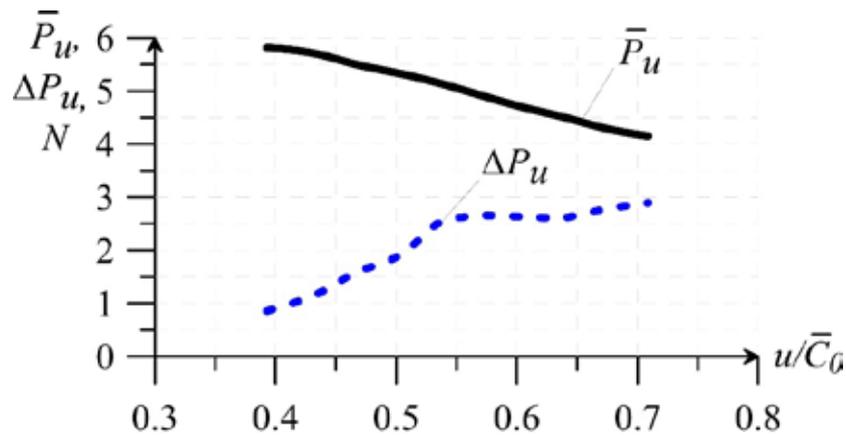


Fig. 3. Correlations of time-averaged force and variation range of force ΔP_u from u/\bar{C}_0 (regime $\bar{C}_0 = \text{const}$)

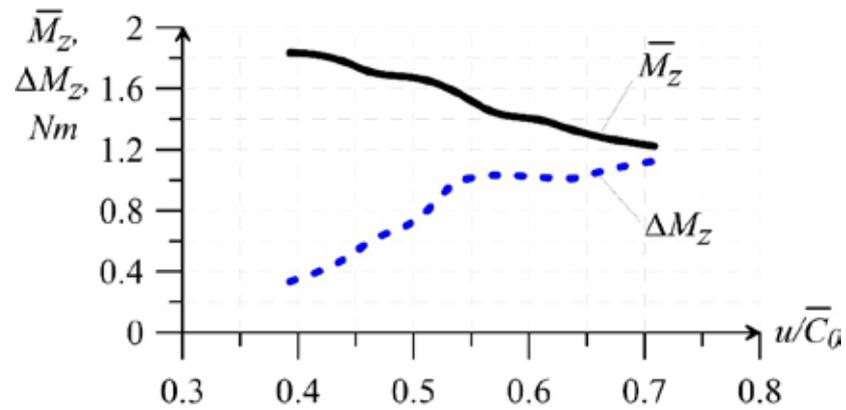


Fig. 4. Correlations of time-averaged torque \bar{M}_z and range variation of torque ΔM_z from u/\bar{C}_0 (regime $\bar{C}_0 = \text{const}$)

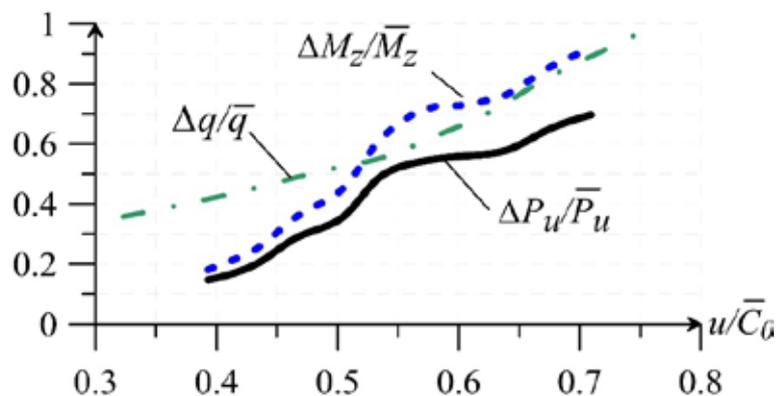


Fig. 5. Dependences of dimensionless forces $\Delta P_u/\bar{P}_u$, torques $\Delta M_z/\bar{M}_z$ and dimensionless per unit loads $\Delta q/\bar{q}$ (experimental [4]) on u/\bar{C}_0 (regime $\bar{C}_0 = \text{const}$)

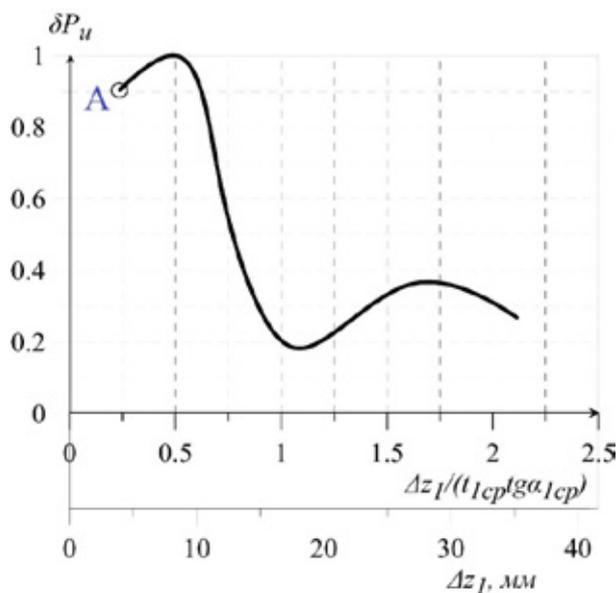


Fig. 6. Dependence of relative aerodynamic force on Δz_1 and dimensionless coordinate $\Delta z_1 / (t_{1av} \operatorname{tg} \alpha_{1av})$ [6]

Conclusions

- 1) As rotation speed increases time-averaged values of loads (forces and torques) on rotor blade decrease, however range variations of unsteady loads increase.
- 2) Range variation level of unsteady loads under nominal regime $u / \bar{C}_0 = 0.55$ and axial clearance $\Delta z_1 = 4$ mm

($\Delta z_1 / b_1 = 0.067$) is 50–60% of time-averaged loads on rotor blade.

- 3) Range variations of dimensionless loads (forces $\Delta P_u / \bar{P}_u$ and torques $\Delta M_z / \bar{M}_z$) within the range u / \bar{C}_0 (regime $\bar{C}_0 = \text{const}$) of 0.4 to 0.75 increase from 20% to 90% of time average loads on rotor blade.

References:

1. Denos R., Busby J. A. Investigation of the Unsteady Rotor Aerodynamics in a Transonic Turbine Stage // Journal of Turbomachinery. — № 123, — Issue 1. — January 2001. — pp. 81–89.
2. Yamada K., Funazaki K., Kikuchi M., Sato H. Influences of Axial Gap Between Blade Rows on Secondary Flows and Aerodynamic Performance in a Turbine Stage // Proceedings of ASME Turbo Expo 2009: Power for Land, Sea and Air, GT2009–59855. — Orlando, FL, USA, 2009.
3. Dring R. P., Joslyn H. O., Hardin L. W., and Wagner J. H. Turbine rotor-stator interaction // ASME Journal of Power Engineering for Power. — № 104. — 1982. — pp. 729–742.
4. Laskin A. S., Issledovaniye aerodinamicheskogo vzbuzhdeniya kolebaniy lopatochnogo apparata i poter energii pri nestatsionarnykh protsessakh v turbinakh [Research of aerodynamic excitation loads and energy losses in the unsteady processes in turbines] LPI, Leningrad, Abstract, 1980 (in Russian).
5. Afanasyev N. N., Laskin A. S., Lapshin K. L., Chernikov V. A. et al. Aerodinamicheskiye kharakteristiki stupeney teplovykh turbin [Aerodynamic characteristics of thermal turbines stages] ed. Chernikov V. A. — Leningrad, 1980. — 26p (in Russian).
6. Nguyen K. K., Laskin A. S., Chislennoye modelirovaniye vliyaniya oseвого zazora na nestatsionarnyye sily v turbinnoy stupeni [Numerical investigation of the influences of axial spacing between blade rows in an axial turbine on aerodynamic force] // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbPU — St. Petersburg State Polytechnic University Journal. — № 2 (195). pp. 65–69. — 2014 (in Russian).

Предварительная оценка деятельности оператора в эргатической системе

Озеров Сергей Николаевич, магистрант;
Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Рассматриваются актуальные вопросы формирования обобщенного функционала качества на базе частных критериев оценки многоцелевых систем. Результаты работы прошли апробацию при разработке строительных материалов различного назначения как сложных систем, а также управляемых в пространстве динамических систем.

Ключевые слова: сложные системы, оценка качества, композиционные материалы, обучающие комплексы, имитационное моделирование.

Одним из основных вопросов оценки качества сложных систем, включая эргатические, является формирование обобщенного критерия на базе частных, используемых для описания отдельных составляющих многоцелевой системы [1,2]. Как правило, решение этой проблемы невозможно без составления когнитивной карты. Когнитивное моделирование, естественно, является лишь предварительным этапом разработки иерархической структуры критериев качества (на ее основе и собственно сложной системы).

Рассмотрим два способа предварительной оценки качества управления:

— определение отклонений от заданных параметров функционирования объекта в некоторый фиксированный момент или максимальных отклонений на некотором этапе;

— корреляционно-спектральный анализ процессов управления.

Первый способ может использоваться для определения отклонений от заданной траектории (например, при посадке, в режиме ручного управления, взлете, маневре и т.д.). По полученным значениям отклонений можно построить функции или плотности распределений отклонений, на основании которых можно определить моменты распределения: математическое ожидание, дисперсии, эксцесс, асимметрию и т.д. При оценке качества управления для особых случаев (например, аварийная ситуация) целесообразно определять максимальные отклонения от заданных величин. В этом случае также можно построить функции распределения отклонений, которые могут использоваться для оценки вероятности выхода параметров за пределы безопасных значений.

Второй способ позволяет более детально исследовать качество управления на каком-либо установившемся режиме.

Для определения математического ожидания, корреляционных функций и спектральных плотностей можно использовать существующие пакеты программ.

Корреляционно-спектральные характеристики позволяют оценить не только средние и средние квадратичные отклонения процесса выдерживания заданного параметра $x_i(t)$ объекта, но и степень колебательности процесса.

Однако использование корреляционно-спектральных характеристик связано с трудностями следующего характера:

— для обеспечения приемлемой точности получения этих характеристик необходимо выбирать значительные длительности T реализаций процесса;

— получение характеристик требует больших объемов вычислительных работ.

В качестве оперативных оценок техники управления можно использовать математическое ожидание m_i , среднеквадратическое отклонение σ_i и степень колебательности процесса

$$\aleph_i = \frac{\int_0^T x_i^2 dt}{\int_0^T (x_i - m_i)^2 dt}.$$

Если a_n — амплитуды гармоник ω_n разложения $x_i(t)$ в ряд Фурье на отрезке $[0, T]$, то оценка колебательности процесса может быть представлена в виде:

$$\aleph_i = \frac{\sum_{n=1}^{\infty} \omega_n^2 a_n^2}{\sum_{n=1}^{\infty} a_n^2}.$$

В качестве *единой интегральной оценки* нами на практике использовалась

$$\aleph_i = f(x_i) \sqrt{m_i^2 + \sigma_i^2}.$$

Задача определения безразмерного корректирующего множителя $f(x_i)$ сводится к задаче определения минимального значения оценки \aleph_i при заданном значении дисперсии процесса $x_i(t)$ на отрезке $[0, T]$.

При этом должны выполняться условия

$$\frac{1}{T} \int_0^T (x_i - m_i)^2 dt = \sigma_i^2,$$

$$\frac{1}{T} \int_0^T x_i dt = m_i.$$

Методами вариационного исчисления (изопериметрическая задача) можно показать, что уравнение экстремали $\tilde{x}_i(t)$, обеспечивающей минимум функционала

$$I = \int_0^T \dot{x}_i^2 dt, \text{ имеет вид:}$$

$$\tilde{x}_i(t) = -\sqrt{2}\sigma_i \cos \frac{\pi}{T}t.$$

Минимальное значение функционала I для экстремали $x_i(t)$

$$I_{\min} = \frac{\pi^2 \sigma_i^2}{T^2}.$$

Минимальное значение $x_{i,\min}$ при заданной дисперсии σ_i^2 будет равно $\frac{\pi^2}{T^2}$.

Интегральная оценка \aleph_i представляется в виде

$$\aleph_i = \sqrt{m_i^2 + \sigma_i^2} \left(1 + T_i \sqrt{x_i - \frac{\pi^2}{T^2}} \right),$$

где T_i — время переходного процесса в контуре стабилизации заданного параметра x_i . Здесь при $x_i = x_{i,\min} =$

$$\frac{\pi^2}{T^2} \text{ имеем } \aleph_i = \sqrt{m_i^2 + \sigma_i^2}; \text{ во всех других } \aleph_i > \frac{\pi^2}{T^2}.$$

В частности, практически на любом установившемся режиме функционирования авиационной эргатической системы оператором выдерживается три параметра (в горизонтальном полете — скорость, курс, высота; при выполнении спирали — скорость, крен, вертикальная ско-

рость). Поэтому качество управления в исследуемом режиме можно характеризовать обобщенной интегральной оценкой

$$K_j = \sum_{i=1}^3 \frac{\aleph_i}{c_i} = \sum_{i=1}^3 \frac{\sqrt{m_i^2 + \sigma_i^2}}{c_i} \left(1 + \sqrt{\aleph_i - \frac{\pi^2}{T^2}} \right),$$

где c_i — допуски на выдерживание i -го параметра.

Достоинством оперативных оценок является простота их получения непосредственно в процессе эксперимента.

Отметим, что обобщенная интегральная оценка K_j все же не является глобальным критерием, характеризующим технику управления во всем процессе функционирования, а характеризует лишь управление на отдельных j -ых установившихся режимах.

Таким образом, оказалось целесообразным использование алгоритма определения оценки K_j . Он сводится к последовательному выполнению процедур:

- определение m_i ;
- определение σ_i ;
- определение x_i ;
- задание T_i ;
- вычисление \aleph_i ;
- задание c_i ;
- вычисление K_j .

Алгоритму присущ некоторый момент субъективности, связанный с определением \aleph (произвол в выборе допусков c_i).

Подход неоднократно использовался при разработке тренажеров транспортных систем [3...5].

Литература:

1. E. Budylna, A. Danilov, I. Garkina. Control of multiobjective complex systems/Contemporary Engineering Sciences, Vol. 8, 2015, no. 10, 441–445. <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5276>.
2. Данилов, А. М., Гарькина И. А., Дулатов Р. Л. Ретроспективная идентификация сложных систем // Региональная архитектура и строительство. — 2015. — № 1 (22) — с. 130–136.
3. Гарькина, И. А., Данилов А. М., Сухов Я. И. Оценка оператором характеристик объекта по управляемости/Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 6. — с. 165.
4. Гарькина, И. А., Данилов А. М., Нашивочников В. В. Алгоритмы обработки данных нормального функционирования эргатической системы //Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 1; URL: <http://www.science-education.ru/121-18139>.
5. Будылина, Е. А., Гарькина И. А., Данилов А. М., Пылайкин С. А. Аналитическое определение имитационных характеристик тренажных и обучающих комплексов/Фундаментальные исследования. — 2014. — № 6–4. — с. 698–702.

Использование лингвистических переменных в описании марковских цепей

Поляков Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент
Национальный исследовательский Томский политехнический университет

В постановке задачи для решения ее с помощью математического аппарата марковских цепей, системный аналитик и лицо, принимающее решения, предстают перед необходимостью работы с четкой и жесткой системой, в которой необходимо все разделить строго на истину и ложь, чтобы соблюдались условия не пересечения событий и наличия полной группы событий, хотя в реальных экономических процессах строгое разделение событий может оказаться затруднительным. Таким образом, отнесение пограничных состояний к какому-либо одному жестко заданному состоянию может привести к искажению результата и, соответственно, снизить качество принимаемых решений.

В данной работе проведено исследование возможности применения нечеткой логики в принятии управленческих решений на примере обобщения классической «четкой» теории марковских цепей с помощью аппарата нечетких множеств.

В рамках традиционной «четкой» теории случайных процессов Маркова построена модель управления стимулированием покупателей дистрибуторского центра (ДЦ). В модели управления степень стимулирования выражается через процент предоставленных той или иной группе покупателей скидок.

Всех покупателей ДЦ можно разделить на 3 группы: оптовые покупатели, розничные покупатели и ключевые клиенты. Состав (и, соответственно, размер) групп может измениться как следствие применения той или иной стратегии управления. Следовательно, имеется четыре состояния системы управления стимулированием покупателей ДЦ:

S_1 : Отсутствие стимулирования отдельной группы покупателей.

S_2 : Стимулирование оптовых покупателей.

S_3 : Стимулирование розничных покупателей.

S_4 : Стимулирование ключевых клиентов.

Решение о выборе стратегии принимается на основе текущей конъюнктуры деловой среды, состоящей из различных постоянно меняющихся факторов, таких, как уровень спроса, налоговое законодательство, государственное регулирование рынка и т.д. Таким образом, вероятность перехода системы из состояния S_i в состояние S_j зависит только от i и j и не зависит от поведения системы до момента ее попадания в состояние S_i . Поскольку далее мы будем рассматривать систему, переходящую из одного состояния в другое через определенные промежутки времени, то описанный процесс является дискретным марковским процессом с дискретным временем.

Для оценки результатов функционирования системы при применении той или иной стратегии нам необходимо

знать вектор финальных вероятностей. Процедура поиска этого вектора хорошо известна [1].

Для оценки влияния выбора стратегии на экономические показатели работы ДЦ, определим цены состояний, которые наиболее полно будут отражать экономические аспекты работы ДЦ с покупателями:

Объем продаж — сумма отгруженных товаров с учетом скидок в денежном выражении (положительный показатель).

Скорость оплаты — сумма оплаченных клиентами счетов из расчета за 1 день, т.е. сумма оплаты, деленная на количество дней с момента отгрузки до момента оплаты (положительный показатель).

Сумма предоставленных скидок — сумма скидок в денежном выражении (отрицательный показатель). Под нормированной долей скидок, предоставленных той или иной группе покупателей, понимается доля скидок, предоставленных этой группе относительно суммы процентов скидок, предоставленных всем группам покупателей.

Таким образом, мы можем уточнить определение состояний следующим образом: если нормированная доля скидок, предоставленных каждой группе, меньше или равна 50%, то имеет место состояние S_1 ; если доля скидок, предоставленных группе оптовых покупателей, больше 50%, то имеет место состояние S_2 ; если доля скидок, предоставленных группе розничных покупателей, больше 50%, то имеет место состояние S_3 ; если доля скидок, предоставленных группе ключевых клиентов, больше 50%, то имеет место состояние S_4 .

Разделение состояний по принципу «более 50%» хотя и позволяет строго задать условия марковского процесса, но противоречит человеческой интуиции. Действительно, если, например, оптовые покупатели получили за какой-то период времени 51% от общей суммы скидок, а розничные 49%, то в этом случае система окажется в состоянии S_2 , хотя очевидно, что это некоторое пограничное состояние между S_2 и S_3 . Таким образом, правильной было бы определить состояния системы на основе теории нечетких множеств, введенной Л. Заде [2]. Для этого введем лингвистическую переменную «Нормированный процент скидки», которая определяется следующими параметрами:

Универсальное множество U — множество действительных чисел в диапазоне $[0, 100]$.

Ограничение R_1 — «Маленький».

Ограничение R_2 — «Большой».

Функцию принадлежности $\mu_R(u)$, где u — элемент универсального множества U , определим следующим образом:

$$\mu_m(U) = 1, \text{ где } 0 \leq x < 25$$

$$\mu_m(U) = -0.02x + 1.5, \text{ где } 25 \leq x \leq 75$$

$$\mu_m(U) = 0, \text{ где } 75 < x \leq 100$$

$$\mu_6(U) = 0, \text{ где } 0 \leq x < 25$$

$$\mu_6(U) = 0.02x - 0.5, \text{ где } 25 \leq x \leq 75$$

$$\mu_6(U) = 1, \text{ где } 75 < x \leq 100$$

где x — нормированный процент скидки

$\mu_m(U)$ — функция принадлежности нормированных процентов скидок ограничению R_1 .

$\mu_6(U)$ — функция принадлежности нормированных процентов скидок ограничению R_2 .

Тогда мы можем определить состояния системы следующим образом:

S_1 : Все группы получают «небольшой» нормированный процент скидки

S_2 : Группа оптовых покупателей получает «большой» нормированный процент скидки

S_3 : Группа розничных покупателей получает «большой» нормированный процент скидки

S_4 : Ключевые клиенты получают «большой» нормированный процент скидки

Таким образом, мы получили 4 нечетких состояния, поскольку, например, если, оптовые покупатели получили за какой-то период времени 51% от общей суммы скидок, а розничные 49%, то в этом случае система одновременно будет находиться в состояниях S_2 и S_3 , но с разными степенями уверенности.

Для дальнейших операций определим более строго лингвистическую переменную «Система», значением которой может быть одно из приведенных выше нечетких состояний:

Универсальное множество U — полная группа состояний системы.

Ограничение R_i — Состояние $S_i, i = 1..4$.

Степень принадлежности системы состояниям $\mu_R(u)$, где u — элемент универсального множества U ; R — одно из состояний.

Систему будем обозначать символом S без индексов.

Для определения того, в каком состоянии и с какой степенью уверенности $\mu_R(u)$ находится система в тот или иной момент времени, введем 4 правила нечеткого вывода:

1. Если все группы получили небольшой нормированный процент скидки, то имеет место состояние S_1 .

2. Если группа оптовых покупателей получила большой нормированный процент скидки, а все остальные небольшой, то имеет место состояние S_2 .

3. Если группа розничных покупателей получила большой нормированный процент скидки, а все остальные небольшой, то имеет место состояние S_3 .

4. Если группа ключевых клиентов получила большой нормированный процент скидки, а все остальные небольшой, то имеет место состояние S_4 .

Для расчета матрицы вероятностей переходов между нечеткими состояниями введем нечеткое событие K_j^n , заключающееся в том, что система на n -ом шаге была в состоянии S_i , а на $(n+1)$ — m шаге оказалась в состоянии S_j . Следовательно, для определения степени уверенности

в том, что событие K_j^n произошло, можно воспользоваться правилом нечеткого вывода:

ЕСЛИ на n -ом шаге система находится в состоянии S_i^n И на $(n+1)$ — m шаге система находится в состоянии S_j^{n+1} ТО произошло событие K_j^n .

Тогда матрицу вероятностей переходов между нечеткими состояниями мы можем рассчитать следующим образом:

$$P_{ij} = \frac{\sum_{n=1}^N \mu_{K_j^n}}{\sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N \mu_{K_m^n}}$$

где N — количество переходов, M — количество состояний.

Такой подход является обобщением традиционного подхода к определению вероятности, как отношения числа благоприятствующих событий к общему числу событий. В четкой постановке задачи элементы матрицы вероятностей переходов определялись по той же формуле с той лишь разницей, что для заданных n и i функция принадлежности $\mu_{K_j^n}$ принимала значение 1 для одной единственной комбинации i и j , и 0 — для всех остальных комбинаций.

Цены состояний определим по формуле:

$$C_i = \frac{\sum_{n=1}^N [\mu_{S_i^n}(S) \cdot C_i^n]}{\sum_{n=1}^N \mu_{S_i^n}(S)}$$

где C_i — цена состояния S_i (значение показателя в состоянии S_i), C_i^n — цена состояния S_i на n -м шаге, $\mu_{S_i^n}(S)$ — степень принадлежности системы состоянию S_i на n -м шаге, N — количество периодов.

Очевидно, такое определение цен нечетких состояний также является обобщением классического способа определения цен, когда $\mu_{S_i^n}(S)$ может принимать только значения 0 или 1, а $\sum_{n=1}^N \mu_{S_i^n}(S)$ соответствует тому, сколько

раз система находилась в состоянии S_i за исследуемый период времени.

Теперь, наложив деформационные матрицы на первоначальную матрицу переходов между нечеткими состояниями, мы можем рассчитать финальные вероятности нечетких состояний системы при применении той или иной стратегии, а также соответствующие математические ожидания экономических показателей.

В том случае, если в реальной задаче имеется достаточное количество пограничных состояний системы, то математические ожидания экономических показателей в нечеткой постановке задачи будут отличаться от четкой постановки, что приведет к принятию других решений, чем те, которые были бы приняты на основе четкой постановки.

Литература:

1. Свешников, А. А. Прикладные методы теории марковских процессов. Спб.: Лань, 2007. 192 с.
2. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 165 с.

Аварии на железнодорожном транспорте

Потехина Анастасия Алексеевна, студент;
Григорьев Михаил Георгиевич, инженер
Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Введение. В мире постоянно возникают различные чрезвычайные ситуации. Они делятся на:

- Природные (землетрясения, ураганы, наводнения, сели, цунами);
 - Техногенные;
 - Биолого-социальные (эпидемии, эпизоотии, эпифитотии);
 - Биолого-политические (теракты).
- Одним из видов техногенных аварий являются транспортные аварии. Они в свою очередь подразделяются на:
- Аварии на железнодорожном транспорте;
 - Аварии на автомобильном транспорте;
 - Аварии на водном транспорте;
 - Аварии на воздушном транспорте.

В настоящее время железная дорога является одним из самых крупных грузоперевозчиков страны. Также ежедневно услугами железнодорожного транспорта пользуется более 100000 человек в стране. К сожалению, этот способ передвижения не обходится без жертв, т. к. периодически на железных дорогах возникают различного рода аварии.

Основная часть. Причинами железнодорожных аварий являются:

1. Сходы с рельсов. Они занимают лидирующее положение (25%) в числе основных причин аварий на железнодорожном транспорте. Это может произойти из-за невнимательности машиниста, ошибки диспетчера или при повреждении путей.

2. Наезды поездов на автомобильный транспорт, велосипедистов. Случается по причине нарушения правил пересечения железнодорожных переездов транспортными средствами.

3. Ошибки диспетчера: невнимательность, халатность, отсутствие постоянного контроля за движением поездов. В результате состав может выехать на занятый путь, что приведет к столкновению и возникновению ЧС.

4. Особую категорию составляют подвижные составы, загруженные сильно действующими ядовитыми веществами (СДЯВ). В случае столкновения или схода с рельсов такого состава, ущерб оказывается очень велик,

так как нужно ликвидировать не только саму катастрофу, но и последствия, наносимые СДЯВ.

5. Пожары и взрывы являются ещё одной причиной аварий на железнодорожном транспорте. Часто пожары возникают в вагонах из-за неосторожного обращения с огнем. В 26% случаев пожары возникают из-за неисправности электрооборудования.

6. Природные условия могут оказать негативное воздействие на железнодорожные пути. Ураганы, землетрясения, наводнения, оползни приводят к повреждению путей, обрыву электрических проводов, ухудшению видимости, разрушению мостов. [1]

За 2013 год произошло 17 аварий грузовых и пассажирских поездов (в 2012–14 аварий). Погибло 2 человека, пострадало 153.

Анализируя транспортные аварии 2013 года, можно построить диаграмму, которая показывает процентное соотношение аварий на каждом виде транспорта.

Как видно из рис. 1, железнодорожный транспорт занимает третье место (после аварий на автомобильном и воздушном транспорте) по количеству аварий из всех транспортных аварий за 2013 год.

Основные профилактические правила:

- По возможности занимать вагоны, находящиеся в середине поезда, купе, расположенное ближе к выходу из вагона, нижние полки. По статистике эти места более безопасные.

- При движении поезда не высовываться из окон, не открывать наружные двери.

- Без крайней необходимости не срывать стоп-кран.

- Запрещено останавливать поезд на мосту, в тоннелях и в местах, где может осложниться эвакуация.

- Курить только в установленных местах;

- Не возить с собой опасные химические вещества;

- Не включать в электросеть вагона бытовые приборы;

- При появлении дыма или запаха гари, немедленно оповестить проводника.

Действия при железнодорожной аварии

При возникновении чрезвычайной ситуации займите устойчивое положение. Держитесь за поручни и упри-

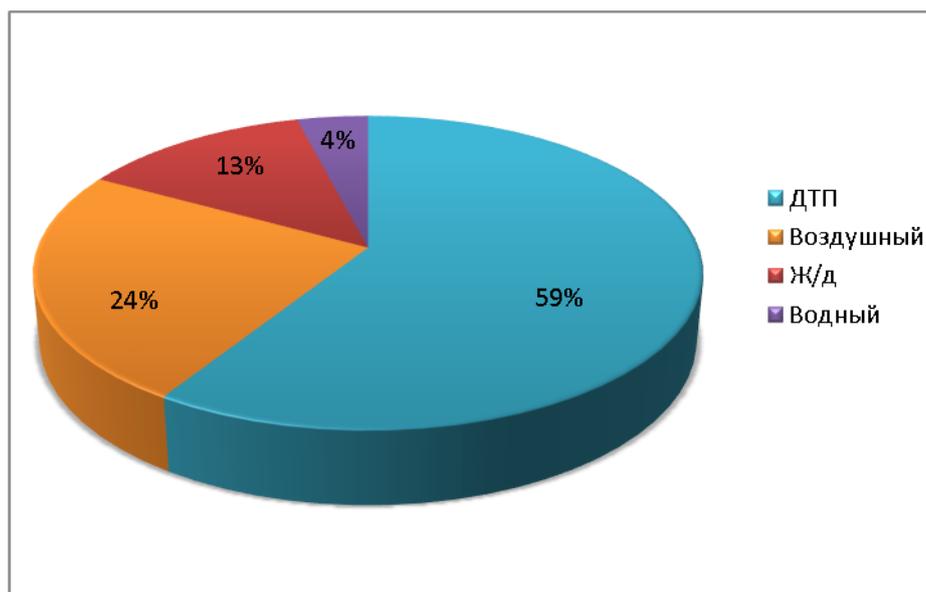


Рис. 1. Соотношение аварий на воздушном, водном, железнодорожном и автомобильном транспорте за 2013 г.

тись в стену или сиденье ногами. Держать мышцы напряженными нужно до полной остановки поезда. Сразу после остановки железнодорожного транспорта покидайте вагон через дверь или аварийные выходы (окна), так как высока вероятность пожара. Если пожар уже начался, то перед тем как выйти в коридор, приготовьте защитные маски для дыхания (платки, шапки, куски ткани, смоченные

водой). Выбравшись из поезда, по возможности, помогите спасателям и остальным пассажирам. [2]

Заключение. Железнодорожный транспорт является одним из самых безопасных способов передвижения. Однако одна крупная авария может повлечь за собой сотни тысяч жертв. Поэтому не стоит забывать о правилах поведения в поездах и всегда помнить о действиях в случае ЧС.

Литература:

1. Учебник спасателя [Электронный ресурс]. — режим доступа: http://gimsyaroslavl.narod.ru/Rescuer/Rescuers_Guidebook/ch149_railcrash.htm, свободный (дата обращения: 15.05.2015)
2. КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ [Электронный ресурс]. — режим доступа: http://www.culture.mchs.gov.ru/rules/man_made_disaster/transport_accidents/train_accidents/, свободный (дата обращения: 15.05.2015)

Классификация и назначение дозаторов

Родионов Дмитрий Александрович, студент;
 Суворина Ирина Викторовна, студент;
 Макеев Павел Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
 Князев Юрий Викторович, студент
 Тамбовский государственный технический университет

Общепромышленными приборами для автоматической выдачи и отмеривания определенного количества вещества являются дозаторы. Устройства применяются при испытаниях, исследованиях и эксплуатации механизмов машин и сооружений.

Дозаторы стали неотъемлемой частью заводского оборудования, особенно при автоматизации производств, связанных с подачей пастообразных, со взвешенными ча-

стицами эмульсий, суспензий, вязких жидкостей, а также при подаче с высокой точностью (0,1— 0,5%) особо малых количеств вещества, исчисляемых в миллилитрах в минуту или даже в час.

В упаковочной промышленности наиболее часто используются дозаторы следующих типов:

- весовые
- объемные

— шнековые

Весовой дозатор отличается универсальностью, производительностью и достаточной точностью. Удобен в использовании благодаря полностью автоматизированным процессам дозирования, управление загрузочным механизмом составляет практически весь процесс взвешивания. Промышленный весовой дозатор сыпучих материалов оптимален для работы с фракциями любых размеров. Также может применяться и для дозирования жидких сред. Невысокая скорость работы, пожалуй, единственный отмеченный недостаток такого типа дозаторов.

Объемные дозаторы применяют для дозирования газов, жидкостей, паст, реже твёрдых сыпучих материалов. Эти дозаторы просты по конструкции, достаточно надёжны.

Недостатки: зависимость объёма дозы, от температуры и давления (особенно для газов), значительная погрешность при дозировании пенящихся сред.

Шнековый дозатор применяется для дозирования сыпучих продуктов, порошков, гранул, паст. Обычно обладают сравнительно невысокой точностью, но последние разработки могут обладать точностью около 0.5% при дозах около 1–10 г.

Основное преимущество: простота конструкции, ее чистки и замены шнека.

Недостатки: на точность дозирования сильно влияет погрешность изготовления шнека, для повышения точности используются системы логического контроля. Также недостатком является низкая точность при работе с неоднородным по плотности продуктом.

В настоящее время многие компании как отечественные, так и зарубежные занимаются производством дозаторов для упаковочной индустрии. Среди Российских компаний особое место занимает компания «Бестром».

Компания «Бестром» работает на рынке упаковочного оборудования с 1989 года и является одним из лидеров

в производстве современного высокопроизводительного упаковочного оборудования (упаковочных машин).

Компания занимается выпуском следующих типов дозаторов:

Дозатор предназначен для дозирования легкосыпучих, трудносыпучих и пастообразных продуктов: муки, молотого кофе, сухого молока, сахара, соли, специй, крупы, майонеза, джема, крахмала, т. д.

Дозатор предназначен для дозирования легкосыпучих гранулированных непылящих продуктов: крупы, чая, орехов, кофе в зернах, корма для животных и т. д.

Дозаторы предназначены для дозирования мелкоштучных продуктов: конфет, короткорезанных макарон, орехов, печенья, хрустящего картофеля, быстрозамороженных продуктов и т. д.

Использование принципа «взвешивание и вычисление» порционных количеств для весового дозирования сыпучих продуктов дает возможность получать конечный вес со значительно меньшими погрешностями, чем при взвешивании по штукам.

Весовые дозаторы MULTIPOND способны одновременно взвешивать до шести разных компонентов, для каждого из которых определен конечный вес, в результате чего достигается точное взвешивание полной упаковки конечного продукта. Более того, можно получать точно установленное количество взвешиваемых продуктов.

Следует выделить еще одних Российских производителей, компанию «Русская трапеца», занимающуюся производством дозаторов для упаковочной индустрии.

«Русская трапеца» с 1994 года успешно работает на рынке пищевого, упаковочного и фасовочного оборудования. За это время компания завоевала лидирующие позиции в отрасли, заработала репутацию надежного и компетентного партнера.

Компания выпускает дозаторы:



Рис. 1. Объемный шнековый дозатор Бестром-1400



Рис. 2. Объемный стаканчиковый дозатор «Бестром-3500»



Рис. 3. Весовой комбинационный дозатор Multipond



Рис. 4. Линейный весовой дозатор, производительность до 60 доз/мин



Рис. 5. Мультиголовочный весовой дозатор, производительность до 110 доз/мин



Рис. 6. Объемный дозатор роторного типа, производительность до 100 доз/мин



Рис. 7. Шнековый дозатор, производительность до 45 доз/мин

Для весового дозирования сыпучих, мелкоштучных продуктов, таких как: крупы, сахарный песок, макаронны, семечки, чай, орехи, пельмени, конфеты, пряники, печенье, замороженные овощи, соль, чипсы, кофе, сухарики, драже, сухофрукты, кукурузные палочки, сухие завтраки и другие продукты подобной структуры.

Для дозирования с высокой точностью крупногабаритных и мелкоштучных продуктов: печенье, сухари, пряники, пельмени, замороженные продукты и др. продукты подобной структуры.

Литература:

1. <http://www.seko-pumps.ru/>
2. <http://www.raznoves.ru/>
3. <http://www.bestrom.ru/products/multipond.shtml>
4. <http://r-t.ru/>
5. Шашков, И. В. Валковое оборудование и технология процесса непрерывной переработки отходов пленочных термопластов. Автореф. дисс. на соискание уч. степ. канд. техн. наук по спец. 05.02.13: Тамбов, 2005. 16 с.
6. Вторичная переработка полимерных материалов на вальцах/И. В. Шашков, А. С. Клинков, М. В. Соколов, Д. Л. Полушкин // Полимеры в строительстве: Тез. докл. — Казань, 2004. — с. 111.
7. Технология получения полимерпесчаной черепицы из отходов термопластов/С. П. Хрущев, И. В. Шашков, А. С. Клинков, П. С. Беляев // Полимеры в строительстве: Тез. докл. — Казань, 2004. — с. 110.
8. Утилизация полимерной тары и упаковки (Учебное пособие) Клинков А. С., Беляев П. С., Соколов М. В., Шашков И. В., Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. 64 с.

Для объемного дозирования с высокой производительностью сыпучих продуктов, таких как: семечки, орехи, кофе в зернах, фисташки, драже и др. продукты подобной структуры.

Для объемного дозирования сильнопылящих, труднотрущихся продуктов, таких как: мука, крахмал, какао, сухое молоко, молотые пряности, молотый кофе, стиральный порошок, сухие краски и др. продукты подобной структуры.

Современное состояние в области роторного смесительного оборудования для переработки полимеров

Родионов Дмитрий Александрович, студент;

Суворина Ирина Викторовна, студент;

Шашков Иван Владимирович, кандидат технических наук, доцент;

Князев Юрий Викторович, студент

Тамбовский государственный технический университет

Н и одно производство полимерной продукции не обходится без предварительной переработки сырья. В промышленности приготовление резиновой или пластической смеси включает подготовку материалов их дозирование и перемешивание.

Одним из аппаратов для смешивания полимеров и прочего сырья является роторный смеситель.

Роторный смеситель (например, резиносмеситель) представляет собой электрическую машину, служащую для производства резиновых смесей. Но с помощью этих машин можно производить не только резиновые смеси, но и другие материалы: различные каучуки, пластмассы, такие как ПВХ, и многое другое [1].

До того, как появились резиносмесительные машины, такие смеси производились на вальцах. Вальцы и сейчас используются на этом производстве, но они, несмотря на свою относительную дешевизну, имеют ряд значительных недостатков, в частности, небольшую производительность [2,3].

Роторный смеситель периодического действия представлен на рисунке 1.

Смесительная камера монтируется на чугунной станине 1. В верхней части камеры располагается загрузочное окно, над которым установлена загрузочная воронка 5 с откидывающейся заслонкой 6, передвигаемой пневмоприводом 4. При загрузке смесителя заслонка отклоняется к стенке воронки и открывает отверстие в боковой стенке прямоугольной загрузочной шахты, по которой смешиваемые материалы ссыпаются в смесительную камеру. В прямоугольной шахте расположен верхний затвор 10, установленный на штоке 9 воздушного цилиндра 7 с поршнем 8. При загрузке смесителя затвор перемещается в крайнее верхнее положение, открывая доступ в камеру смесителя. По окончании загрузки затвор опускается вниз и через окно в камере-смесителя давит на находящийся в камере материал, создавая в нем избыточное гидростатическое давление, равное 0,35–0,7 МПа.

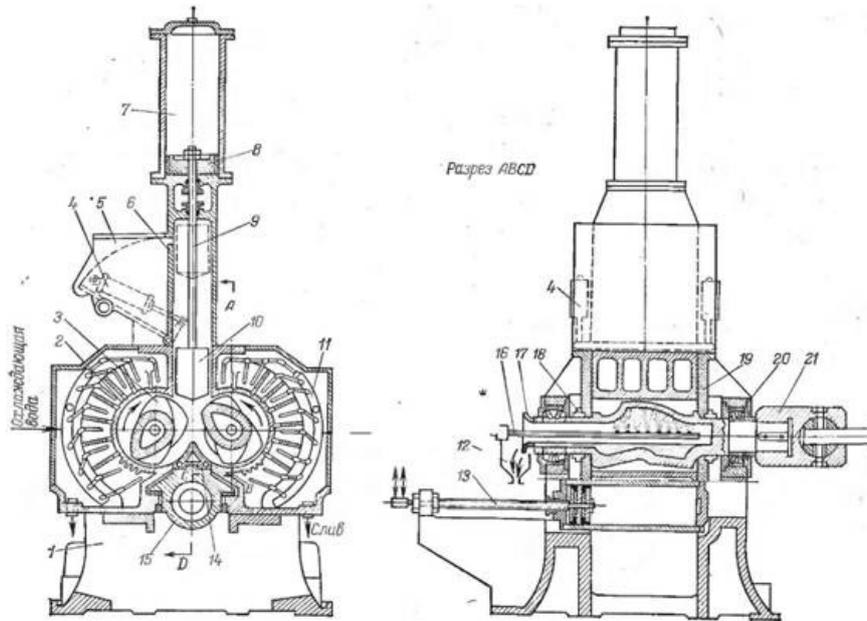


Рис. 1. Роторный смеситель периодического действия

Выгрузка готовой смеси производится через нижнее окно в камере, которое во время загрузки и смешения закрыто нижним затвором 14, состоящим из фигурного клина, укрепленного на корпусе пневмоцилиндра 15. Шток 13, на котором установлен поршень пневмоцилиндра, укреплен на станине. Поэтому при подаче воздуха в одну из полостей цилиндра последний вместе с клином перемещается по направляющим под смесительной камерой, закрывая или открывая камеру снизу. Подача сжатого воздуха в цилиндр осуществляется через каналы, просверленные в штоке 13.

Процесс ламинарного смешения сопровождается интенсивным тепловыделением. Для отвода тепла смеситель имеет систему охлаждения. Роторы охлаждают конденсатом, поступающим во внутреннюю полость по трубам 16 и разбрызгиваемым по всей полости ротора через установленные на трубке форсунки. Из роторов охлаждающая вода сливается через воронку 17 и поступает в установленную на линии стока воронку 12.

Привод ЗРС осуществляется, как правило, от синхронных электродвигателей большой мощности через редуктор с помощью шарнирной муфты 21 [1].

Вначале в камеру загружается каучук, который подвергается процессу пластикации. Пластикация повышает пластичности, а повышается она путем деформации и сдавливания каучуковой массы в зазоре между роторами, которые при этом вращаются навстречу друг другу. Масса сдавливается, наматывается на роторы, режется и снова сдавливается, при этом перемешивание происходит более-менее равномерно, что очень важно, так резиновая смесь должна быть однородной. В процессе участвует вся масса, расположенная в объеме камеры.

После завершения процесса смешивания резиновая смесь охлаждается и направляется на другую машину.

Обычно резиносмесители используют в составе производственных линий, в которые подключены другие машины — к примеру, для производства автомобильных шин или же резиновых сапог.

Резиносмесители разделяются на резиносмесители с тангенциальными роторами — бенбери (рис. 2, а; рис. 3, а) и со взаимозацепляющимися (взаимопроникающими) роторами — интермикс (рис. 2, б; рис. 3, б).

Отмечены принципиальные различия между смесителями этих двух типов: в резиносмесителях с тангенциальными роторами резка материала осуществляется на участке между ротором и кожухом, т. е. по тангенциальному принципу, а в резиносмесителях со взаимозацепляющимися роторами резка осуществляется между двумя роторами, т. е. по взаимопроницающему принципу.

Одной из основных черт взаимопроницающего ротора в отличие от тангенциального является то, что при этой конфигурации смешение частично осуществляется между лопастью ротора и корпусом соседнего ротора, что близко к резке, которая типична для валковых смесителей. Разница скоростей в зоне ламинирования, благодаря которой обеспечивается дисперсия ингредиентов, достигается при равенстве угловых скоростей за счет разности радиусов между лопастью одного ротора и корпусом другого ротора. Такое же явление разности тангенциальных скоростей, как правило, имеется и при работе валцов за счет трения.

Использование взаимопроницающих роторов придает камере смешивания конфигурацию, обладающую выигрышным соотношением поверхности и объема. Это означает, что по сравнению с тангенциальными системами такие системы при равном внутреннем объеме смесителя обладают большей поверхностью для теплообмена.

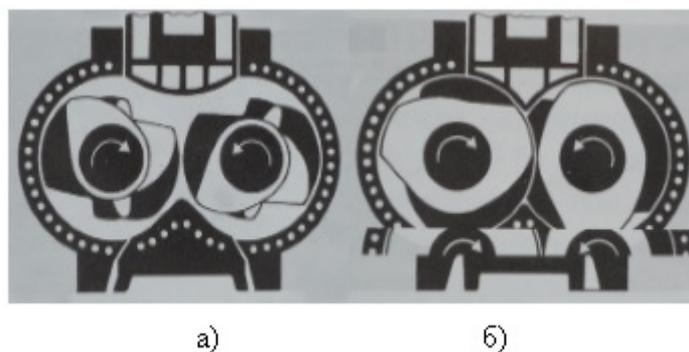


Рис. 2. Схематичное изображение роторов

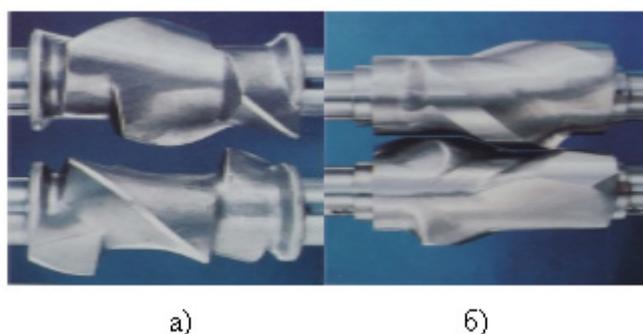


Рис. 3. Наглядное изображение роторов

Таким образом, при одинаковом свободном объеме камеры, диаметр камеры со взаимозацепляющимися роторами будет больше; также больше должна быть мощность привода и, следовательно, цена резиносмесителя.

Для шинной промышленности, где рецептура смеси меняется мало, в основном используются резиносмесители с тангенциальными роторами — 2-х, 3-х и 4-х лопастными. 4-х лопастные роторы обеспечивают большую интенсивность перемешивания.

Конструкция резиносмесителей со взаимозацепляющимися роторами больше используется при производстве резинотехнических изделий, где часто меняется рецептура смесей, а также для производства фторкаучуков [4].

Из современного смесительного оборудования можно отметить резиносмеситель для жестких резин с роторами

типа интермикс (рис. 4) и резиносмеситель типа бэндери (рис. 5).

Резиносмеситель с роторами типа интермикс обладает надежностью, экономической эффективностью и ремонтпригодностью. Он оснащён рс системой управления: ручное и автоматическое управление, простое переключение, время и контроль за температурой, управление качеством смешивания каучука, сокращение времени поддержки и уменьшение трудозатрат.

Резиносмеситель с роторами типа интермикс обеспечивает: быстрый нагрев, что увеличивает эффект разнообразия и улучшает качество каучука при условии не воздействия на физические свойства и механические свойства состава; хороший смешивающий эффект при низкой температуре; хорошую способность охлаждения, что уменьшает число стадий смешивания и сокращает стоимость



Рис. 4. Резиносмеситель для жестких резин с роторами типа интермикс



Рис. 5. Резиносмеситель типа бэндери

управления; улучшенный эффект охлаждения, увеличивает эффективность передачи высокой температуры.

Резиносмеситель с роторами тангенциального типа, обладает высокой надежностью, экономической эффективностью и ремонтпригодностью.

Резиносмеситель типа бэндери обеспечивает высокую степень заполнения, высокую скорость подачи, высокую эффективность производства.

Ротор выталкивает материалы с середины к двум концам пластины под относительно маленьким винтовым углом для того, чтобы формировать главный цикл и усилить смешивающийся эффект.

Передний и задний углы ротора после улучшенного автоматизированного проектирования могут увеличивать температуру в предварительной стадии с целью увеличения размола и эффект дисперсии и быстро проводить обмен высокой температурой.

Таким образом, роторные смесители периодического действия активно используются в полимерной промышленности, так как с помощью этих машин можно производить переработку не только резиновых смесей, но и другие материалов: различные каучуки, пластмассы (такие, как ПВХ), и т. п.

Литература:

1. <http://rezinosmesitel.narod.ru/>
2. Разработка валково-шнекового агрегата для переработки вторичных термопластов/Примеров О. С., Макеев П. В., Клинков А. С. Молодой ученый ежемесячный научный журнал № 4 (63)/2014, С 244–247
3. Пат. РФ 2417881 RU С2 В29В 7/64. Валково-шнековый агрегат/А. С. Клинков, П. В. Макеев, М. В. Соколов, Д. Л. Полушкин, В. Г. Однолько: Тамб. гос. техн. ун-т. — № 2009100295/05; заявл. 11.01.2009; опубл. 20.07.2010, Бюл. № 20.
4. Гуреев, С. С., Макеев П. В., Клинков А. С., Сравнительный анализ двух методов определения суммарной деформации сдвига в рабочих пространствах двухроторных смесителей с овальными рабочими органами/Молодой учёный. Ежемесячный научный журнал. № 6 (29), Том 1 — Чита, 2011., с. 32–37

Современное состояние в области экструзионного оборудования для переработки полимеров

Родионов Дмитрий Александрович, студент;
 Шашков Иван Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
 Князев Юрий Викторович, студент;
 Суворина Ирина Викторовна, студент
 Тамбовский государственный технический университет

Среди большого разнообразия используемых в настоящее время в мировой практике переработки полимеров видов технологического оборудования вполне определенное место принадлежит шнековым экструдерам. Данный вид технологического оборудования входит, как правило, в состав агрегатов и линий для производства полимерных труб, листов, погонажных профильных изделий, плоских и рукавных пленок, раздувной полимерной тары и упаковки, вторичного полимерного сырья (гранулята) и др.

Современные тенденции совершенствования этого вида оборудования свидетельствуют о том, оно, с одной стороны, идет по пути создания высокоскоростных его видов, обладающих относительно более высокой производительностью. С другой стороны, наблюдается возрастающая потребность в производстве полимерных изделий, производимых экструзионным методом, имеющих самые разнообразные профили их поперечных сечений. Однако, на пути решения этих практических задач имеются существенные проблемы, которые сдерживают дальнейшее совершенствование экструзионного оборудования. Существование одной из этих проблем состоит в том, что большинство полимерных материалов обладает не только вязкостными, но и эластическими свойствами. Существующие же в настоящее время методы расчета напорно-расходных характеристик и энергосиловых параметров процесса экструзии не учитывают эластических свойств, проявляемых полимерными материалами, и базируются лишь на их вязкостных свойствах, что существенно обесценивает их практическую значимость.

Конструкция одночервячного экструдера

Одночервячный экструдер (рис. 1) состоит из червяка 1, вращающегося внутри цилиндрического корпуса 2, на ко-

тором установлен бункер 11. Внутри корпуса, как правило, запрессовывается гильза 3 с азотированной, закаленной и термообработанной поверхностью. Обогрев корпуса осуществляется нагревателями 4, сгруппированными в несколько (как правило, три или четыре) тепловых зон. На конце корпуса устанавливается головка с профилирующим инструментом 5, соединяющаяся с корпусом экструдера посредством адаптера 6. Между червяком и адаптером располагается решетка с пакетом фильтрующих сеток 7. Корпус устанавливается на станине 8. Осевое усилие воспринимается блоком упорных подшипников 10. Привод червяка осуществляется от регулируемого электродвигателя через шестеренчатый редуктор 9. Бункер изготавливается из листовой стали или алюминиевых сплавов со смотровым окном для контроля за уровнем находящегося в бункере материала. Для переработки материалов, склонных к сводообразованию (зависанию), в бункере устанавливают перемешивающее устройство. Бункера экструдеров, предназначенных для переработки материалов с низкой сыпучестью (порошки, отходы производства пленок и нитей), оборудуют устройствами для предварительного уплотнения материала [1–4].

Современные экструдеры

Экструдер для изготовления ПНД, ПВД, ЛПВД плёнки.

Экструдеры этой серии используются при изготовлении пленок ПНД (низкого давления) для производства пакетов фасовочных, типа «Майка», мусорных и п. п. При необходимости экструдеры перенастраиваются и могут выпускать ПВД пленку (высокое давление). Данные экструдеры просты в управлении и надежны. Легко ремонтируются в условиях российского производства. В базовой комплектации экструдеры укомплектованы всем необхо-

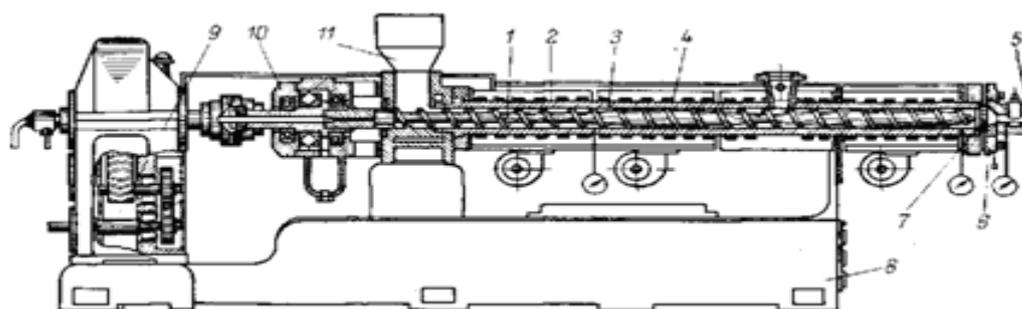


Рис. 1. Принципиальная схема одночервячного экструдера

димым оборудованием. Относительно не большая высота экструдеров 2800 мм, позволяет эксплуатировать оборудование в помещениях с низкими потолками.

Экструдер для изготовления ПНД, ПВД, ЛПВД плёнки представлен на рисунке 2.

Технические характеристики экструдера для изготовления ПНД, ПВД, ЛПВД плёнки представлены в таблице 1.

Экструдер с вращающейся экструзионной головкой для плёнки из ПП

Экструдеры данной серии предназначены для изготовления полипропиленовой пленки методом экструзии с раздувом рукава сверху вниз. Компактная и надежная конструкция оборудования обеспечивает длительный срок службы при высоком качестве пленки.

Экструдеры комплектуются узлом вращения головы для увеличения качества выпускаемой пленки. Цилиндры и шнек экструдера сделаны из высококачественной легированной стали с оптимальной твердостью и сильным сопротивлением коррозии и подвергнуты азотированию. Серия



Рис. 2. Экструдер для изготовления ПНД, ПВД, ЛПВД плёнки

Таблица 1. Технические характеристики экструдера для изготовления ПНД, ПВД, ЛПВД плёнки

Основные технические характеристики:

Модель	SJ-45FM500	SJ-55FM650	SJ-60-FM850
Диаметр шнека, мм	45	50	55
Отношение длины шнека к диаметру	1:24-28	1:24-28	1:24-28
Скорость вращения шнека, об/мин	10-110	10-110	10-110
Мощность основного двигателя, кВт	7.5	7.5	11
Производительность, кг/час	25	30	40
Максимальная ширина рукава, мм	450	600	800
Толщина пленки, мм	0.006-0.10	0.006-0.10	0.006-0.10
Общая мощность, кВт	18	20	24
Масса, кг	1800	2000	2500
Габаритные размеры (ДхШхВ), мм	4000x1600x3200	4200x1800x3400	4400x2000x3600

SJ-FM включает экструдеры, с шириной пленки от 600 до 800 мм и производительностью от 30 до 60 кг/час. [5].

Экструдер с вращающейся экструзионной головкой для плёнки из ПП представлен на рисунке 3.

Технические характеристики экструдера с вращающейся экструзионной головкой для плёнки из ПП представлены в таблице 2.

Двухшнековый экструдер с параллельными шнеками

Двухшнековый экструдер с параллельными шнеками (рисунок 4) — высокоэффективное оборудование

для компаундирования и экструзии. Экструдеры укомплектованы 00-образным цилиндром и двумя шнеками, зацепляющимися друг с другом. В экструдерах используется наборные шнеки, которые позволяют изменять длину, выбрать различные способы комбинации шнеков в работе, чтобы получать самые лучшие условия в работе [6]. Простота и понятность нового оборудования является важнейшей из характеристик экструдеров нового поколения. Работают с материалами любого качества и не боятся перегрузок. Представленное оборудование имеет до-



Рис. 3. Экструдер с вращающейся экструзионной головкой для плёнки из ПП

Таблица 2. Технические характеристики экструдера с вращающейся экструзионной головкой для плёнки из ПП

Основные технические характеристики:

Модель	SJ-55-FM600	SJ-60-FM700	SJ-70-FM800
Диаметр шнека, мм	55	60	70
Отношение длины шнека к диаметру	1:28	1:28	1:28
Скорость вращения шнека, об/мин	10-100	10-100	10-100
Мощность основного двигателя, кВт	11	15	18.5
Вращение головки	постоянная скорость	постоянная скорость	постоянная скорость
Производительность, кг/час	32	38	46
Максимальная ширина рукава, мм	600	700	800
Толщина пленки, мм	0.01-0.10	0.01-0.10	0.01-0.10
Общая мощность, кВт	22	28	36
Масса, кг	2300	2900	3500
Габаритные размеры (ДхШхВ), мм	4800x2000x4000	4800x2000x4000	5000x2200x4200



Рис. 4. Двухшнековый экструдер с параллельными шнеками

Таблица 3. Технические характеристики двухшнекового экструдера с параллельными шнеками

Технические характеристики двухшнековых экструдеров с параллельными шнеками:

	SK-35	SK-50	SK-65	SK-75	SK-75B	SK-95
Диаметр шнека, мм	35	50	63	72	75	95
Скорость вращения, оборотов\мин	600	500\600	400\500	400\500	300\500	400
Мощность двигателя, кВт	11\15	36\45	55\75	75\110	110\140	240
L\D	32-48	32-48	32-48	32-48	32-48	32-40
Мощность, кВт	40 - 100	50 - 200	150 - 375	200 - 500	200 - 600	800 - 900

вольно привлекательную цену и его производительность достаточно высока.

Технические характеристики двухшнекового экструдера с параллельными шнеками представлены в таблице 3.

Литература:

1. Стрелихеев, А. А., Деревицкая В. А. Основы химии высокомолекулярных соединений. — М.: Химия, 1976. 440 с.
2. Тагер, А. А. Физикохимия полимеров. — М.: Химия, 1978. 544 с.
3. Макеев, П. В. Оборудование и технология для утилизации отходов термопластов/П. В. Макеев, А. С. Клинков, М. В. Соколов — Москва: Lap Lambert Academic Publishing ist ein Imprint der, 2012. — 152 с.
4. Разработка валково-шнекового агрегата для переработки вторичных термопластов/Примеров О. С., Макеев П. В., Клинков А. С. Молодой ученый ежемесячный научный журнал № 4 (63)/2014, С 244–247
5. <http://www.xyslxx.com>
6. <http://www.china-extruder.ru>

Повышение энергоэффективности станций первого подъема водоподготовки посредством частотного регулирования насосов

Ромашин Евгений Павлович, аспирант
Сочинский государственный университет (Краснодарский край)

В настоящий момент в связи с ростом цен на электроэнергию проблема энергосбережения стоит очень остро для осуществления водоподготовки. В рамках данной статьи будет рассматриваться метод оптимизации управления насосами, оборудованными частотными преобразователями для артезианских станций. Надо отметить, что артезианскими скважинными мы называем скважины с глубиной от 30 и более метров, и с уровнем воды при эксплуатации на 20–30 метров ниже уровня земли. Хотя профессор А. Гаджи-Касумов считает, что артезианские — это скважины с «самоизливом» по названию французской провинции Артуа, где впервые был обнаружен этот феномен [1]

В структуре расходования электроэнергии затрачиваемой на подачу воды потребителю, затраты на первый подъем составляют от 20 до 50% в зависимости от высоты конечного потребителя.

Потери энергии

Для начала рассмотрим затраты механической энергии необходимой для транспортировки воды из скважины до резервуара, из которого происходит питание насосных станций второго подъема. Затраты механической энергии можно разделить на затраты на подъем воды и затраты на преодоление сил трения при ее транспортировке.

Затраты на подъем зависят от уровня воды в скважине и высоты приемного резервуара. Таким образом, единственным изменяющим параметром является уровень воды, которой зависит от множества факторов. Рассмотрим устройство скважины, и так за точку отсчета мы возьмем минимальный уровень воды, при котором может работать насос H_0 , ниже этого уровня вы не можете выкачивать воду. Если насос не работает продолжительное время более 48 часов, уровень воды устанавливается равный H_2 (статический уровень). Надо заметить, что если уровень H_0 не зависит от внешних условий и его можно считать постоянным, то уровень H_2 будет зависеть от множества факторов и иметь колебания в своих значениях до 3–5 метров в зависимости от количества осадкой и времени года. При работе насоса в скважине будет уровень H_1 — динамический уровень, который в зависимости от производительности насоса будет принимать значения от H_0 до H_2 . А это составляет порядка 15–20 метров, или 30–50% от той высоты, на которую нужно поднять воду. Установит зависимость между уровнем воды и дебетом возможно только эмпирическим путем, и это зависимость будем периодически меняться, следовательно, данные необходимо будет периодически (каждые 10–20 суток) обновлять.

Затраты же на преодоления сил трения при транспортировке воды, для наших систем меньше затрат на подъем более чем в 10 раз. Снижения этих затрат возможно строгим контролем больших по диаметру и обладающих меньшим сопротивлением трубопроводов. А так же при не равномерном расходе воды потребителем установкой большого буферного резервуара.

Рассматривая потери при перекачке, следует осветить потери на самом насосе, для привода которого предполагается использовать частотный преобразователь. При выборе насоса предполагается, что его рабочая точка будет соответствовать максимальному значению к. п. д.

Программно-аппаратный комплекс для управления

Комплекс по управлению состоит из аппаратной и программной части. Аппаратная часть представлена в виде привода и датчиков. Управление и анализ данных производит ЭВМ — центральный контроллер, в ее задачи входит анализ и управление насосными станциями.

В качестве привода используется частотный преобразователь, от которого происходит питание насосного агрегата. В качестве модели управления используется векторное управление, то есть поддержание постоянного значения между частотой и напряжением, это метод считается эффективным для вентиляторных нагрузок и прост в реализации. Задание на частоту привод получает от центрального контроллера.

Датчики представлены в виде датчиков давления, в каждом павильоне устанавливается два датчика, один отслеживает уровень в скважине, другой на уровне земли давление в напорной части. На выходе из каждой станции устанавливается расходомер, все эти приборы в режиме реального времени передают данные на центральный контроллер. Так же при наличии приемного резервуара производится анализ уровня в нем.

Все алгоритмические функции можно разбить на две группы — это функции управления и функции анализа.

Функции анализа предназначены для получения эмпирических данных, которые впоследствии будут использоваться для выбора оптимальных параметров управления. Анализ включает два основные процедуры. Первая — это оценка статического уровня в каждой буровой, для этого исследования, выводится из работы группы скважин, они сначала опорожняются полностью до уровня H_0 , а потом система анализирует скорость наполнения, на основании этих данных строится зависимость между уровнем и дебетом скважины в силу того, что дебет зависит от множе-

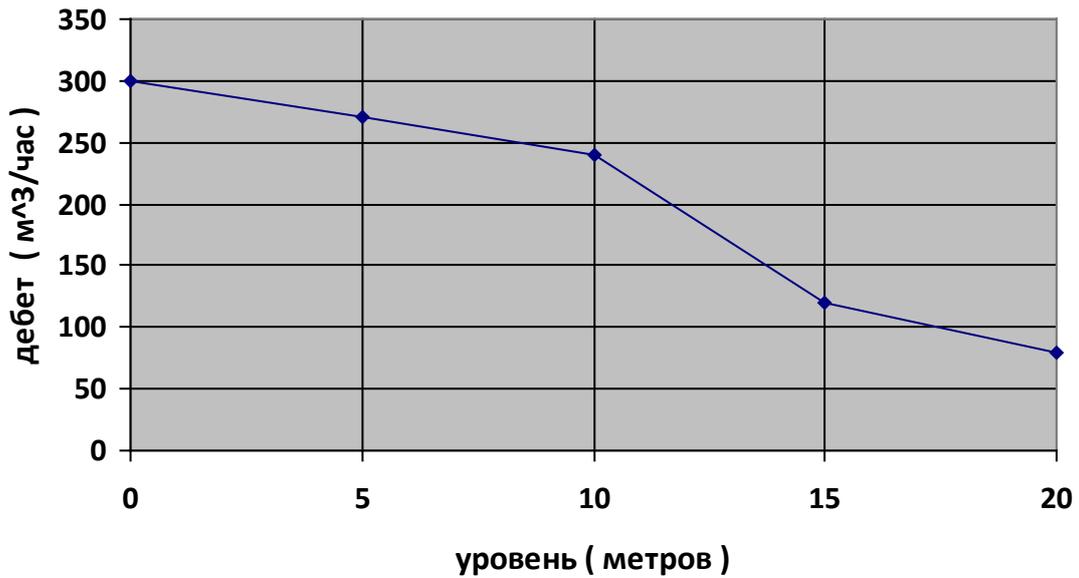


Рис. 1

ства факторов, процедуру нужно проводить периодически, на рисунке 1 представлена типичная кривая заполнения скважины. Для снижения затрат энергии на подъем воды, очевидно, что необходимо поддерживать максимально возможный уровень в резервуаре, а для упрощения регулирования избегать высокой скорости изменения уровня, в идеале уровень стабилен при стабильном суммарном отборе.

Кроме данных о скорости заполнения скважины, комплексе так же должен получить данных о насосе и его характеристиках. Первое, что необходимо оценить это ги-

дравлическую кривую. Гидравлическая кривая — это функция, ставящая в соответствие два множества, множество значений давления и значений расхода насоса. Для ее получения необходимо провести испытания, либо использовать представленную производителем. Так же необходимо поставить в соответствие расходу к. п. д. полезно действия насоса. Построив множество гидравлических кривых для разных частот вращения, мы получим вот такой график, см. рисунок 2. [2]

Как видно из графика, уменьшение частоты смещает точку максимального к. п. д. в сторону меньшего расхода.

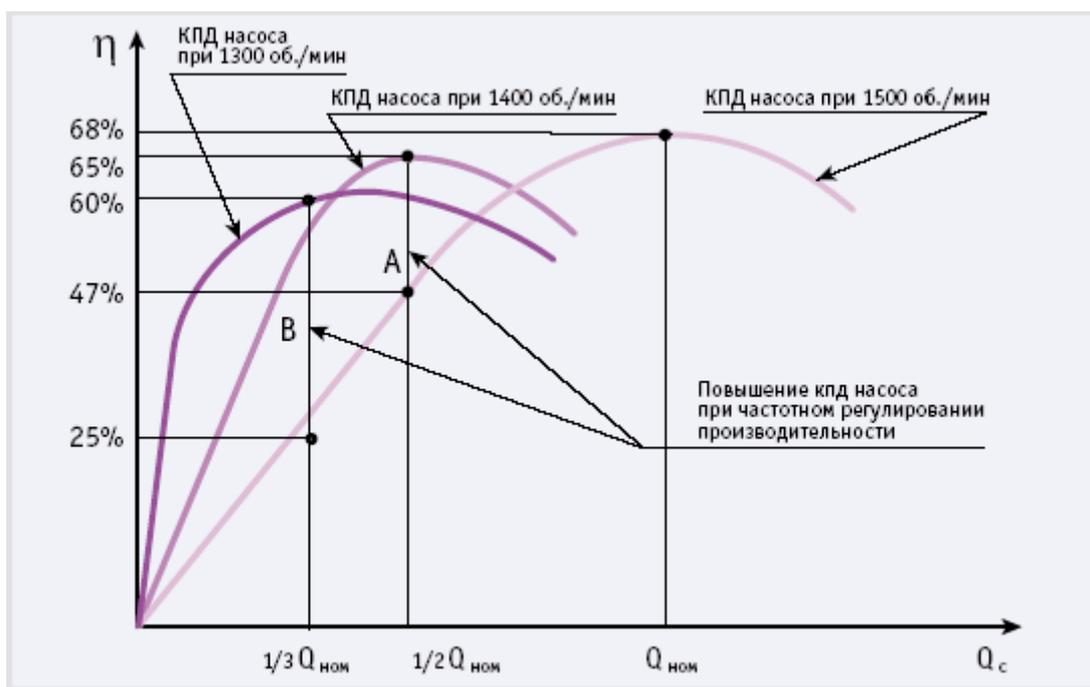


Рис. 2

Алгоритм управления насосными станциями

В качестве источника задания предполагается использовать уровень в приемном резервуаре, резервуаре, куда перекачивают воду станции первого подъема. Алгоритм работы предполагается следующий: анализирует скорость изменения уровня в приемном резервуаре, на основании это рассчитывается разница между фактической подачей и необходимой, если подачу необходимо уменьшить, то насосы с самым большим удельным расходом снижает подачу, в том случаи когда подача недостаточна и уровень в резервуаре падает, повышается подача насос с минимальным удельным расходом, управление происходит ПИД-регулятором, такой алгоритм работы позволит снизить расход электроэнергии на подъем воды, к сожалению, сложность модели не позволяет методом моделирования в приемлемом диапазоне оценить эффективность предложенного способа

Литература:

1. Вода-да, бурение скважин. URL <http://www.voda-da.ru/skva.htm>. (дата обращения 30.05.2015).
2. Теоретические аспекты эффективности внедрения систем с частотно-регулируемыми приводами. Сахарнов Ю. В., заместитель председателя ФЭК России, д. э. н. URL <http://stepmotor.ru/aspecti/>(дата обращения 30.05.2015).
3. Теоретические основы гидравлики. URL http://www.grossen.ru/upload/file/osnovy_gidravliki.pdf

управления. Одна внедрение в любом случаи приведет к снижению расходов электроэнергии на транспортировку воды.

Заключение

В заключение хотело бы отметить, что подобные системы внедряются уже достаточно давно, одна с предложено выше системой они имеют одно, но ключевое различие, это различие заключается в том, что комплекс должен сам считывать параметры оборудования и все данные он получает эмпирическим путем, причем сам в автономном режиме. В дальнейшем его развитие должно быть с дополнением его системой искусственного интеллекта, которая позволит не только оптимизировать работы все сети, но и анализировать техническое состояние оборудования его выработку состояние водоносных слоев и много других параметров

Применение магнитно-импульсной обработки для стабилизации деталей машин

Рустамова Машхура Умаровна, ассистент
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В статье рассматривается метод применения магнитно-импульсной обработки для стабилизации геометрии прецизионных деталей машин.

В настоящее время развитие направления технологических процессов настолько быстро растет, что приведет существенным образом к изменению экономики в сторону повышения эффективности. Технологические изменения затронут все сферы материального и нематериального производства. Исключением не станет и машиностроительный комплекс.

Ассортимент материалов машин, точность формы и размеров машиностроительных изделий, качество материалов, показатели состояния материалов определяют основные показатели эксплуатируемых изделий: работоспособность, ресурсы, эффективность операций и стратегической подход выбора последующих технологических действий. В современных машинах показатели деталей непрерывно возрастает. Эти детали сильно отличаются высокими показателями, например, как точность, которые могут достигать десятых и даже сотых долей микрометра. Для стабилизации всех показателей размеров после окончательной механической обработки необходимо прове-

дение оптимальной стабилизирующей обработки для снижения уровня остаточных напряжений в деталях машин и стабилизации структурного показателя состояния материала. При этом возможны поводки и снижение точности готовых деталей. Поэтому в настоящее время актуальна задача сохранения геометрических параметров деталей с точностями в несколько долей микрон на финишных операциях, включающих нанесение покрытий.

Для снижения коробления изделий используют такие действия, которые стабилизируют, т. е. нормализуют, выполняют отжиг, но для подобных операций необходимы большие термические печи. Стабилизирующие действия нуждаются в больших материальных затратах, таких как: приобретение печей, затраты на сырье (природный и другие газы), затраты на охрану труда, обучение и оплату труда рабочих термических цехов. На сегодняшний день известны следующие новейшие технические решения сохранения и улучшения геометрии прецизионных деталей:

— термомеханическая правка, применяемая для заготовок и сварных конструкций;

— отжиг в заневоленном состоянии, используемый для заготовок на промежуточных этапах технологии изготовления и для точностей порядка сотых долей миллиметра.

Альтернативным методом может быть механическая обработка, которая снижает величину и неравномерность напряжений. Однако в большинстве случаев экономически нецелесообразно удалять припуск с отдельных участков деталей, так как после этого неравномерность напряжений может ещё больше возрасти, что приведет к потере точности и браку деталей.

Для сокращения технологического цикла, снижения энергоемкости и более полного использования собственных производственных мощностей предприятий наиболее перспективным, как показано в работах [1, 2], является магнитно-импульсный метод обработки. Он позволяет снизить и выровнять остаточные напряжения, вызывающие коробления деталей. Использование нового метода способствует ускорению подготовки производства, повышению качества, снижению трудоемкости, и тем самым повышается конкурентоспособность продукции.

Наиболее существенным явлением, происходящим при магнитно-импульсной обработке, является фактор перераспределения тепловых потоков, который появляется в зоне резания за счет термомагнитного эффекта Риги-Людека. Также происходит повышение механических свойств материала за счет упорядочения зернистой структуры. После обработки деталей машин в специальном магнитном поле снижаются остаточные термические напряжения, концентрированные внутренние напряжения материала, снижается коэффициент трения-скольжения. Также получен эффект снижения скорости коррозии, частичное или полное устранение налипания при кузнечных и прокатных работах. При воздействии внешнего магнитного поля изменяются спин-характеристики вещества. При этом происходит дробление включений, на концах микротрещин возникают пластические деформации. Происходит активная перекристаллизация.

То есть, неоднородность структуры детали, инструмента или любого материала, приводит к тому, что за счет внешнего магнитного потока в местах локальной неоднород-

ности, например, в участках с повышенной концентрацией внутренних напряжений наводятся вихревые микротокки. Величина и характер взаимодействия микровихрей друг с другом зависит от размера кристаллитов материала. При этом в материале наводится тепловое поле, скорость распространения которого по массе детали зависит от её неоднородности.

При магнитно-импульсной обработке, в области контакта технологически перенапряженных зерен (структурных неоднородностей), а также в участках с повышенной концентрацией внутренних и усталостных напряжений, обусловленных условиями производства или эксплуатации изделия, возникают локальные тепловые микрополя, которые в десятки раз могут увеличивать температуру пограничной зоны перенапряженных кристаллитов. При этом перегретые участки изделия в течение десятых долей секунды переводятся в более устойчивое состояние. Выравнивается тензорный спектр отвода тепла при охлаждении, повышая равномерность охлаждения детали или инструмента, улучшается работа узлов трения. Уменьшается избыточная энергия материала. Снижается рост микротрещин, что также ведет к общему повышению стойкости и надежности материала. То есть, при обработке детали достигается улучшение свойств за счет направленной ориентации свободных электронов вещества внешним магнитным полем [3].

При использовании реологической жидкости и расчетных параметров процесса по разработанному способу [4] энергия импульса может быть снижена до 0,6 кДж, при этом плотность энергии повышена в 4 раза, зазор между индуктором и углублением заполнен реологической жидкостью, а время обработки снизилось до 0,3 минуты. Измерения геометрии детали в течение 90 суток показали погрешность 0,05 мм на 1 м длины, что соответствует требованиям к прецизионным деталям, в частности, станкам. Затраты энергии на процесс снижаются в 2,5–3 раза. Эти показатели показывают высокую эффективность метода и что применение магнитно-импульсной обработки экономически целесообразней термической обработки.

Таким образом, современные методы обработки деталей машин приводит к эффективной работе и точности в технологиях машиностроительных процессах.

Литература:

1. Бондарь, А. В. Качество и надежность. М: Машиностроение, 2007. — 308 с.
2. Белый, И. В., Фертик С. М., Хименко Л. Т. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов. — Харьков: Вища школа, 1977. — 320 с.
3. Королев, А. В. Способ изготовления колец подшипников из листового проката [Текст]/А. В. Королев, В. В. Болкунов, А. А. Никифоров // Прогрессивные направления развития технологии машиностроения: сб. науч. тр./СГТУ. — Саратов, 2005. — с. 59–63.
4. Мухамадиева, К. Б. Применение тренажеров в системе дистанционного обучения // Журнал Молодой ученый. № 17, II-часть, 32–33стр.
5. Уплотнения и уплотнительная техника: Справочник/Л. А. Кондаков, А. И. Голубев, В. Б. Овандер и др.; Под общ. Ред. А. И. Голубева. М.: Машиностроение, 1986. — 464 с

Прецизионный шприцевой насос для дозирования микрообъемов

Рыжов Олег Александрович, студент

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина)

Шприцевые насосы нашли применение в технике, биологии и медицине для выполнения задач прецизионного перемещения микрообъемов жидкостей. В медицине шприцевые насосы используются для дозированного введения растворов и препаратов при проведении интенсивной терапии и анестезии [1, 2]. В составе поточных реакторов [3] подобные модули могут использоваться для синтеза коллоидных растворов полупроводниковых [4–6], металлических [7], магнитных [8, 9] и других наночастиц.

Рыночная стоимость шприцевых насосов лежит в диапазоне 20–200 тыс. рублей [10–12]. Высокая стоимость модулей шприцевых насосов в частности обусловлена входящим в состав устройства микрокомпьютером и дорогостоящими механическими компонентами. В силу современного распространения персональных компьютеров основной программный функционал может быть вынесен за пределы устройства за счет использования микроконтроллера, а большая доля механических компонентов и крепежа может быть изготовлена при помощи 3D-печати [13–15].

В предлагаемой работе описывается макет шприцевого насоса со скоростями потока до десятых долей мкл/сек, выполненный с учетом указанных выше принципов.

Описание макета

Система шприцевого насоса сделана на основе биполярного шагового двигателя и созданной при помощи 3D-принтера и распространенных материалов системы винтовой передачи движения к шприцу, показанной на Рис. 1. В качестве шприцов используются одноразовые

инъекционные шприцы различных стандартных объемов: 1 мл, 2,5 мл, 5 мл, 10 мл, 20 мл.

Так как в подобных системах необходимы относительно низкие скорости потока жидкости и равномерность хода ее истекания, а шаговый двигатель стабильнее всего работает вблизи средней скорости, решено было использовать цилиндрическую зубчатую передачу с коэффициентом передачи равным 6. На Рис. 2 представлено изображение внешнего вида шприцевого насоса.

Управление шприцевым насосом на основе шагового двигателя

Для питания и управления работой шагового двигателя используется схема, изображенная на Рис. 3. Питание схемы осуществляется при помощи блока питания. Использование транзисторной схемы позволяет контролировать работу биполярных шаговых двигателей за счет использования лишь двух управляющих входов вместо обычно управления с использованием четырех контактов. Это позволяет использовать меньшее количество проводов для передачи сигнала и оказывается особенно важным в случае создания системы из нескольких шприцевых насосов.

Для приведенной выше схемы в программе CadSoft EAGLE был изготовлен шаблон для печатной платы, изображение которого представлено на Рис. 4.

В качестве микроконтроллерной платформы управления используется микроконтроллер Arduino Uno. Программное обеспечение для управления и контроля работы шагового двигателя выполнено в среде NI LabVIEW с использованием интерфейса связи LabVIEW Interface for Arduino.

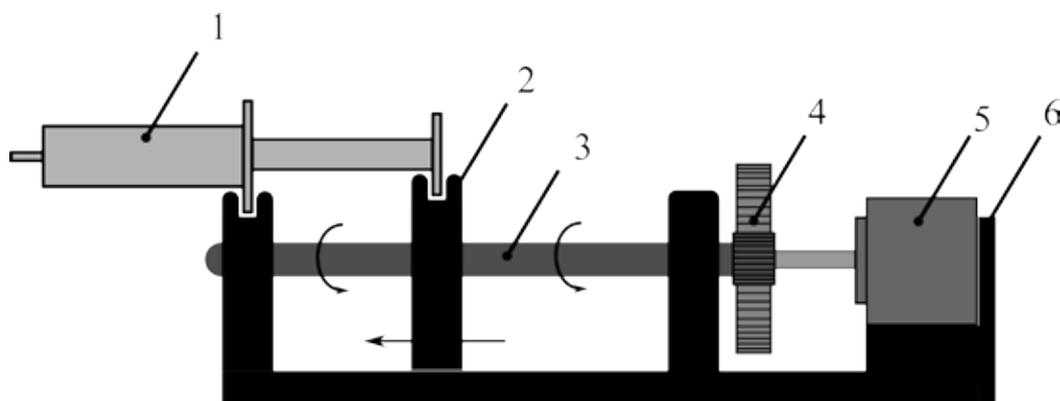


Рис. 1. Схема шприцевого насоса: 1 — шприц, 2 — подвижный модуль с внутренней резьбой, 3 — вал с резьбой, 4 — зубчатая передача, 5 — шаговый двигатель, 6 — корпус

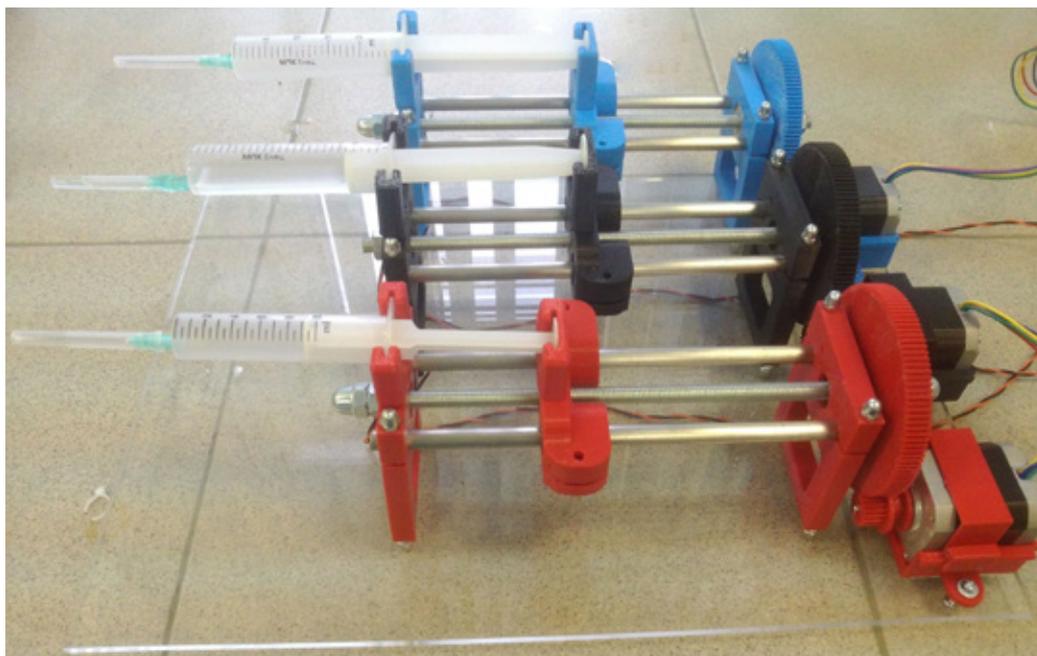


Рис. 2. Внешний вид разработанных модулей шприцевых насосов в составе системы поточного синтеза наночастиц

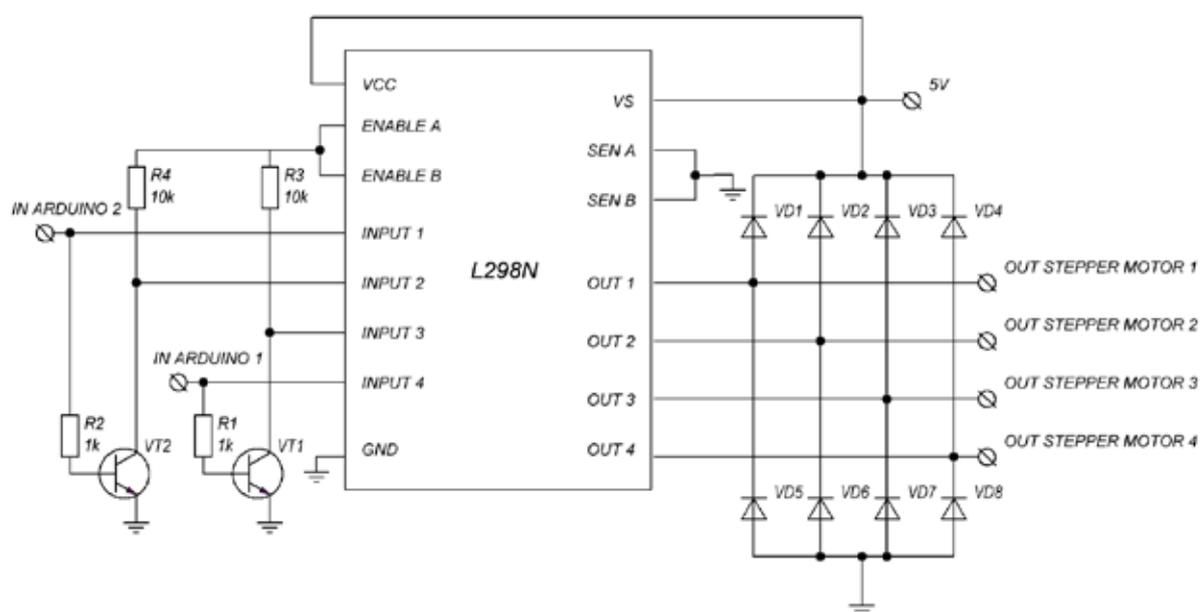


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема питания шагового двигателя

Оператор задает тип шприца (номинальный объем), объем расхода реагента и скорость потока жидкости.

Заключение

В результате работы был создан макет шприцевого насоса на основе шагового двигателя, способный обеспе-

чить скорости потока до десятых долей мкл/с. За счет простой модульной конструкции любой элемент легко заменить, что приводит к более продолжительному сроку службы системы. Предложенное решение далее может использоваться в составе различных систем микродозирования жидкостей, необходимых в медицине, биологии и промышленности.

Литература:

1. Siposs, G. G., Christian J. B. Variable rate syringe pump for insulin delivery: пат. 4435173 США. — 1984.

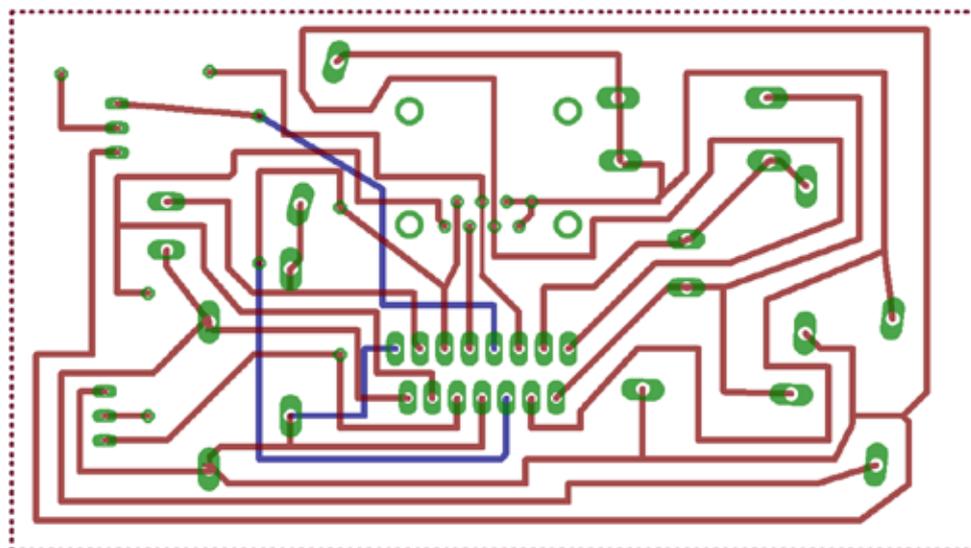


Рис. 4. Шаблон печатной платы управления шаговым двигателем

2. Rondelet, J.C., Dupouy J.M. Syringe pump having continuous pressure monitoring and display: пат. 5295967 США. — 1994.
3. Aleksandrova, O.A. et al. A flow reactor for synthesis of nanoparticles with a system of optical diagnostics // Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference (EIconRusNW), 2015 IEEE NW Russia. — IEEE, 2015. — с. 12.
4. Мусихин, С. Ф., Александрова О. А., Лучинин В. В., Максимов А. И., Мошников В. А. Полупроводниковые коллоидные наночастицы в биологии и медицине // Биотехносфера. 2012. № 5–6 (23–24). с. 40–48
5. Мазинг, Д. С., Александрова О. А., Матюшкин Л. Б., Мошников В. А. Синтез коллоидных квантовых точек селенида кадмия в водной среде // Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета ЛЭТИ. 2014. № 7. с. 15–19.
6. Мусихин, С. Ф., Александрова О. А., Лучинин В. В., Максимов А. И., Матюшкин Л. Б., Мошников В. А. Сенсоры на основе металлических и полупроводниковых коллоидных наночастиц в биомедицине и экологии // Биотехносфера. 2013. № 2. с. 2–17.
7. Viazmitinov, D. V., Matyushkin L. B., Maximov A. I. Synthesis of core-shell Ag/SiO₂ nanoparticles for SPASER structures // J. Phys.: Conf. Ser. 2014. V. 541. P. 012015
8. Гареев, К. Г., Грачева И. Е., Казанцева Н. Е., Лучинин В. В., Мошников В. А., Петров А. А. Исследование продуктов золь-гель-процессов в многокомпонентных оксидных системах, протекающих с образованием магнитных нанокomпозитов Нано- и микросистемная техника. 2012. № 10. с. 5–10.
9. Bogachev, Y. V., Chernenco J. S., Gareev K. G., Kononova I. E., Matyushkin L. B., Moshnikov V. A., Nalimova S. S. The study of aggregation processes in colloidal solutions of magnetite-silica nanoparticles by NMR relaxometry, AFM, and UV–VIS-spectroscopy // Applied Magnetic Resonance. 2014. T. 45. № 4. с. 329–33
10. Медицинское оборудование SENSITEC [Электронный ресурс]/Шприцевые дозаторы, 2015. — Режим доступа: <http://www.sensitec.ru>, свободный. — Загл. с экрана.
11. Производственная компания Dixon [Электронный ресурс]/Инфузионные насосы, 2015. — Режим доступа: <http://dixon.ru/>, свободный. — Загл. с экрана.
12. Торговая марка «Армед» [Электронный ресурс]/Дозаторы шприцевые, 2015. — Режим доступа: <http://www.armed.ru/>, свободный. — Загл. с экрана.
13. Матюшкин, Л. Б., Пермяков Н. В. Применение технологии 3D-печати в обеспечении профессионально ориентированной подготовки кадров в интересах nanoиндустрии // Биотехносфера. 2013. № 3. с. 38–47.
14. Матюшкин, Л. Б., Пермяков Н. В. Модуль механического позиционирования твердых и жидких образцов для измерения спектров фотолуминесценции // Новости материаловедения. Наука и техника. 2015. № 2. с. 40–42.
15. Пермяков, Н. В., Белорус А. О., Туленин С. С., Форостяная Н. А., Марков В. Ф. Инертные держатели для синтеза полупроводниковых пленок // Новости материаловедения. Наука и техника. 2015. № 2. с. 28–31.

Исследование химической стойкости серных композитов на кварцевой муке

Сидорова Оксана Геннадьевна, магистр;
Шитова Инна Юрьевна, кандидат технических наук, доцент
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

В работе представлены результаты исследований химической стойкости серных композитов на аппретированной кварцевой муке. Показано, что аппретирование кварцевого наполнителя каучуком позволяет значительно повысить (до 50%) химическую стойкость таких материалов.

Ключевые слова: серные композиты, кварцевая мука, кварцевый наполнитель, аппрет, химическая стойкость.

Многочисленными исследователями установлено, что стойкость серных материалов в различных агрессивных средах зависит от глубины её проникновения в структуру материала [1].

Известно, что серные композиты, изготовленные на кварцевой муке, имеют высокое водопоглощение и низкий коэффициент водостойкости [2, 3]. Это объясняется тем, что при изготовлении образцов (температура 150...160 °С) происходит взаимодействие серы с кварцевым наполнителем, в результате чего образуется дисульфид кремния SiS_2 , который разлагается водой и особенно водяным паром с образованием кремнезёма, сероводорода и моносульфида $(\text{SiS})_n$ [4]. Кроме того, образцы на кварцевой муке в процессе испытаний чернеют. Это явление авторы работы [2] объясняют взаимодействием образовавшегося сероводорода с входящим в состав кварцевого песка оксидом железа, а также разложением оксида кремния с выделением графитообразного кремния черного цвета, что и приводит к потемнению образцов.

В данной работе испытанию были подвергнуты серные композиты на кварцевой муке с удельной поверхностью $180 \text{ м}^2/\text{кг}$ и кварцевой муке, обработанной раствором аппрета (каучук марки СКДН-Н) различной концентрации и подвергшиеся изотермической выдержке в течение 0...3 ч.

Проведенные исследования показывают, что на величину водопоглощения серных композитов на аппретированном кварцевом наполнителе значительное влияние имеют концентрация аппрета и продолжительность изотермической выдержки. Кинетика водопоглощения таких материалов имеет классический вид и описывается функцией вида:

$$W_m = a \cdot (1 - e^{-b\tau}), \quad (1)$$

где a , b — эмпирические коэффициенты, значения которых приведены в табл. 1.

Необходимо отметить, что процесс водопоглощения образцов, подвергшихся изотермической выдержке, практически прекращается через 30 суток экспозиции их в воде. При прочих равных условиях аппретирование поверхности наполнителя способствует снижению величины водопоглощения в 4...7 раз (до 0,17%).

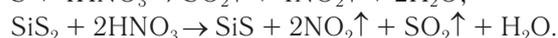
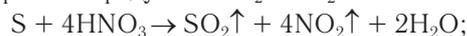
Химическую стойкость серных композитов определяли по изменению прочности после 180 суток экспозиции образцов в агрессивной среде. Результаты исследований приведены в табл. 2.

Анализ табл. 2 показывает, что стойкость серных композитов в различных агрессивных средах зависит как от концентрации аппрета, так и продолжительности изотермической выдержки.

Образцы на кварцевой муке без аппрета имеют низкий коэффициент водостойкости, что объясняется разложением и вымыванием водорастворимых сульфидов кремния. Также снижение прочности наблюдается у серных композитов на кварцевой муке с аппретированным материалом, которые были изготовлены сразу же после смешивания наполнителя с расплавом серы и у образцов, подвергшихся 1 ч изотермической обработке. Очевидно, это связано с достаточно высокой их пористостью (из-за интенсивного выделения газообразных продуктов вулканизации, которые не успевают удалиться из смеси; с увеличением продолжительности изотермической выдержки газообразные продукты реакции диффундируют из смеси, что приводит к закономерному повышению средней плотности) и отсутствием слоя вулканизата на частицах кварцевой муки.

Высокую водостойкость композитов, подвергшихся 2-х и 3-х ч изотермической выдержке, можно объяснить следующим образом. При обработке кварцевой муки аппретированным материалом, в частности каучуком, происходит блокировка поверхности наполнителя. Каучуки в расплаве серы вулканизируются с образованием непроницаемой для серы оболочки вулканизата, которая предотвращает её химическое взаимодействие с дисперсной фазой и препятствует образованию растворимых соединений.

Азотная кислота оказывает более агрессивное воздействие по сравнению с соляной и серной. Снижение прочности у образцов на кварцевом наполнителе, необработанным аппретом, можно объяснить взаимодействием серы и сульфидов кремния с азотной кислотой с образованием растворимого моносульфида кремния SiS и газообразных продуктов NO_2 и SO_2 :



Снижение прочности наблюдается и у образцов на аппретированной кварцевой муке. Это можно объяснить

Таблица 1. Значения эмпирических коэффициентов уравнения (1)

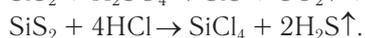
Концентрация раствора аппрета $C_{ант}$, % от массы серы	Продолжительность изотермической выдержки $t_{т}$, ч	Коэффициенты	
		a	b
0	0	1,773	0,059
	1	1,266	0,052
	2	0,956	0,045
	3	0,842	0,044
0,2	0	1,043	0,045
	1	0,902	0,045
	2	0,760	0,040
	3	0,510	0,038
0,6	0	0,900	0,034
	1	0,915	0,034
	2	0,352	0,034
	3	0,259	0,033
1,0	0	0,902	0,03
	1	0,952	0,034
	2	0,221	0,024
	3	0,159	0,020

Таблица 2. Химическая стойкость коррозионно-стойких серных композитов

$C_{ант}$, %	$t_{т}$, ч	Коэффициент химической стойкости после 180 суток экспозиции							
		вода	азотная кислота	соляная кислота	серная кислота	хлорид натрия	сульфат магния	бензин	дизельное топливо
0	0	0,62	0,64	0,70	0,80	0,70	0,70	0,80	0,76
	1	0,77	0,72	0,83	0,89	0,89	0,79	0,81	0,80
	2	0,77	0,75	0,85	0,95	0,94	0,85	0,84	0,81
	3	0,89	0,79	0,95	0,96	1,00	0,90	1,00	0,82
0,2	0	0,79	0,78	0,80	0,86	0,82	0,79	0,79	0,89
	1	0,69	0,70	0,74	0,69	0,72	0,77	0,77	0,85
	2	0,95	0,80	0,95	0,90	0,91	0,96	0,83	0,91
	3	0,98	0,88	0,97	0,90	1,00	1,00	0,85	0,99
0,6	0	0,90	0,80	0,82	0,85	0,82	0,92	0,80	0,93
	1	0,82	0,66	0,55	0,69	0,68	0,86	0,74	0,84
	2	0,96	0,90	0,95	0,90	1,00	1,11	0,88	0,94
	3	1,00	0,99	1,11	0,98	1,28	1,30	1,00	0,96
1,0	0	0,76	0,76	0,93	0,95	0,84	0,82	0,90	0,92
	1	0,70	0,70	0,61	0,79	0,83	0,75	0,80	0,90
	2	0,96	0,93	1,20	1,08	1,26	1,00	0,98	0,98
	3	0,97	0,94	1,35	1,13	1,00	0,90	1,00	1,00

взаимодействием только серы с азотной кислотой, которая является наиболее сильным окислителем из всех исследуемых неорганических кислот.

Серная и соляная кислоты также оказывают агрессивное действие на композиты, изготовленные на необработанном кварцевом наполнителе, что очевидно связано с взаимодействием сульфидов кремния с предлагаемыми кислотами:



Следует отметить некоторое повышение прочности (на 10...30%) при действии растворов соляной и серной кислот у композитов на аппретированной кварцевой муке и подвергшихся изотермической выдержке 2...3 часа. На наш взгляд, это объясняется тем, что при действии растворов соляной и серной кислот процессы окисления серы происходят с меньшей скоростью или практически отсутствуют. Кроме того, указанные кислоты могут способствовать процессам окисления и изомеризации каучуков и их производных с образованием на поверхности

вулканизата слоя продуктов хлорирования и сульфирования.

Повышение прочности при воздействии хлорида натрия и сульфата магния (как и в случае повышения прочности при действии соляной и серной кислот) объясняется происходящими процессами хлорирования и сульфирования.

Бензин и дизельное топливо являются активными средами по отношению к исследуемым материалам. Оче-

видно, это связано с частичным растворением серы в нефтепродуктах и растворителях [1].

Таким образом, серные композиты, изготовленные на кварцевой муке, обработанной высококонцентрированными растворами аппрета и подвергшиеся изотермической выдержке в течение 2...3 ч, обладают практически универсальной стойкостью.

Литература:

1. Волгушев, А. Н. Производство и применение серных бетонов [Текст]/А. Н. Волгушев, Н. Ф. Шестеркина. — М.: ЦНИИТЭИМС, 1985. — 60 с.
2. Королев, Е. В. Радиационно-защитные и коррозионно-стойкие серные строительные материалы [Текст]/Е. В. Королев, А. П. Прошин, Ю. М. Баженов, Ю. А. Соколова — М.: Палеотип, 2004. — 464 с.
3. Яшуева, Л. С. Серобетоны каркасной структуры [Текст]/Л. С. Яшуева — Дисс... канд. техн. наук. — Саранск: МГУ им. Н. П. Огарева, 1998. — 170 с.
4. Черкинский, Ю. М. Химия полимерных неорганических вяжущих веществ [Текст]/Ю. М. Черкинский. — Л.: «Химия», 1967—224 с.

Снижение дымности отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия (г. Киров)

В работе приводятся результаты изменения дымности отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 выполненных по результатам экспериментальных данных при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи на режимах номинальной частоты вращения и максимального крутящего.

Ключевые слова: дизель, альтернативное топливо, метанол, сажа, двойная система топливоподачи.

На кафедре ДВС Вятской ГСХА в течении ряда лет проводятся исследования по переводу двигателей внутреннего сгорания для работы на метаноле. Целью наших исследований является — улучшение эффективных и экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле с использованием двойной системы топливоподачи (ДСТ). Результаты стендовых испытаний по влиянию применения метанола с ДСТ на дымность ОГ представлены ниже [1–11].

На рисунке 1 представлена зависимость изменения дымности ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 при различных установочных углах опережения впрыскивания топлива (УОВТ) ДТ и метанола на номинальном режиме работы при $n=1800$ мин⁻¹ и режиме максимального крутящего момента при $n=1400$ мин⁻¹. Из графиков видно, что при увеличении углов впрыскивания метанола и ДТ дымность ОГ снижается из за повышения максимальной температуры сгорания и времени, отводимого на процессы окисления продуктов сгорания.

Рассматривая дымность ОГ при работе на метаноле с ДСТ $n=1800$ мин⁻¹ при установочном УОВТ ДТ $\Theta_{ДТ}=26^\circ$ можно отметить следующее. При увеличении угла впрыскивания метанола дымность ОГ снижается с 1,7 ед. при $\Theta_M = 22^\circ$ до 1,1 ед. по шкале Bosch

при $\Theta_M = 34^\circ$. Снижение составляет 0,6 ед. по шкале Bosch или 35,3%. При увеличении угла впрыскивания ДТ до $\Theta_{ДТ}=30^\circ$ дымность ОГ изменяется с 1,6 ед. при $\Theta_M = 22^\circ$ до 0,95 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 34^\circ$, т. е. снижается на 40,6% [12–26].

Рассматривая дымность ОГ при работе на метаноле с ДСТ при угле впрыскивания ДТ $\Theta_{ДТ}=34^\circ$ видно, что дымность ОГ изменяется с 1,45 ед. при $\Theta_M = 22^\circ$ до 0,8 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 38^\circ$. Снижение составляет 0,65 ед по шкале Bosch или 31,0%. При увеличении угла впрыскивания ДТ до $\Theta_{ДТ}=38^\circ$ дымность ОГ снижается с 1,3 ед. при $\Theta_M = 22^\circ$ до 0,8 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 38^\circ$, т. е. 0,5 ед. по шкале Bosch или на 38,4%. При изменении угла впрыскивания ДТ до $\Theta_{ДТ}=42^\circ$ дымность ОГ снижается с 1,1 ед. при $\Theta_M = 22^\circ$ до 0,8 ед. по шкале Bosch при $\Theta_M = 38^\circ$, т. е. на 27,3%.

Рассматривая дымность ОГ при работе на метаноле с ДСТ при установочном УОВТ $\Theta_M = 22^\circ$ можно сделать следующее выводы. При увеличении угла впрыскивания метанола $\Theta_M = 26^\circ$ дымность ОГ изменяется с 1,6 ед. при $\Theta_{ДТ} = 26^\circ$ до 1,0 ед. по шкале Bosch при $\Theta_{ДТ} = 42^\circ$, т. е. снижается на 0,6 ед. по шкале Bosch. При установочном УОВТ метанола $\Theta_M = 30^\circ$ дымность ОГ снижается

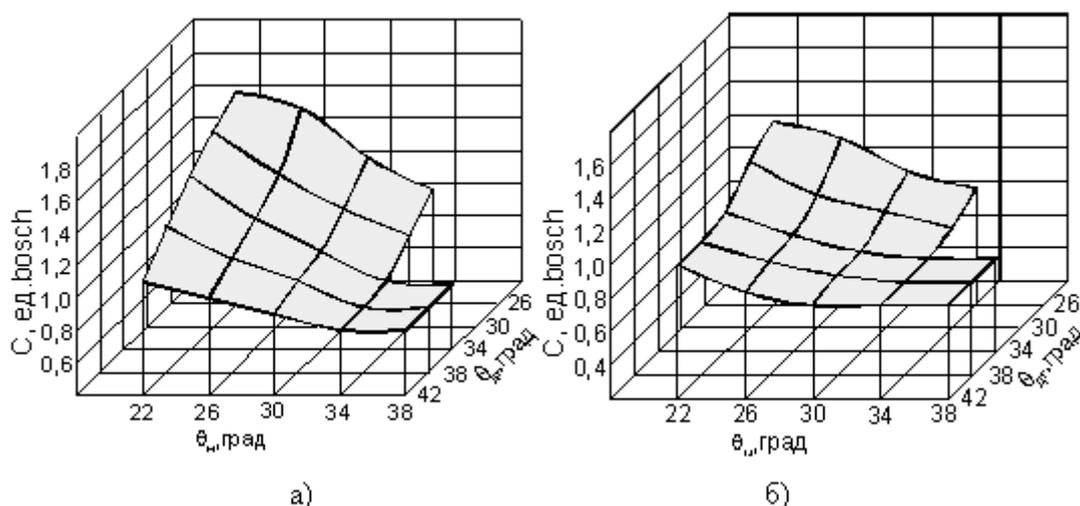


Рис. 1. Влияние применение метанола с ДСТ на дымность ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 при различных установочных УОВТ: а — при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и $p_e = 0,585 \text{ МПа}$, $q_{\text{цд}} = 6,6 \text{ мг/цикл}$; б — при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ и $p_e = 0,594 \text{ МПа}$, $q_{\text{цд}} = 6,0 \text{ мг/цикл}$

с 1,5 ед. при $\Theta_{\text{ДТ}} = 26^\circ$ до 0,9 ед. по шкале Bosch при $\Theta_{\text{ДТ}} = 42^\circ$, т. е. на 40,0%.

При увеличении угла впрыскивания метанола $\Theta_m = 34^\circ$ дымность ОГ снижается с 1,1 ед. при $\Theta_{\text{ДТ}} = 26^\circ$ до 0,8 ед. по шкале Bosch при $\Theta_{\text{ДТ}} = 42^\circ$, при этом минимальное значение достигается уже при угле впрыскивания ДТ $\Theta_{\text{ДТ}} = 34^\circ$. Снижение составляет 0,3 ед. по шкале Bosch или 27,3%. При установочном угле впрыскивания метанола $\Theta_m = 38^\circ$ видно, что дымность ОГ не меняется

и равна 0,8 ед. по шкале Bosch на всех углах впрыскивания ДТ.

Изменение дымности ОГ дизеля 2Ч 10,5/12,0 при различных установочных УОВТ ДТ и метанола на режиме максимального крутящего момента при $n = 1400 \text{ мин}^{-1}$ имеет тот же самый характер кривых, что и при работе на номинальном режиме работы $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$. Минимальное значение дымности ОГ достигается на тех же сочетаниях углов впрыскивания топлива [26–33].

Литература:

1. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей тракторного дизеля путем применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанолю- и этанолю-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 3. с. 3–6.
2. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метанолю- и этанолю-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5. с. 22–25.
3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
4. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
5. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
6. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанолю-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
7. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей тракторного дизеля Д-240 путем применения этанолю-топливной эмульсии // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник: 2013. № 1 (1). с. 29–32.
8. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
9. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанолю-топливной эмульсии // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 4 (28). с. 70–73.

10. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
11. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 1. с. 11–13.
12. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Шишканов Е. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем их рециркуляции // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 9. с. 8–9.
13. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Олейник М. А., Дубинецкий В. Н. Особенности химизма и феноменологии образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 11. С 13–16.
14. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
15. Лопатин, О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах тракторного дизеля 4Ч 11,0/12,5 (Д-240) при работе на природном газе путем применения рециркуляции отработавших газов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2004. — 200 с.
16. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование скоростного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 3 (16). с. 24–26.
17. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование экологических показателей дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 3 (16). с. 26–28.
18. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 3 (16). с. 28–30.
19. Лопатин, О. П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
20. Лопатин, О. П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 261–265.
21. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
22. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184 с.
23. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 155 с.
24. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
25. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
26. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
27. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
28. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
29. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 211 с.
30. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
31. Лиханов, В. А., Гребнев А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения: Монография. — Киров, 2008. — 154 с.

32. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
33. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.

Расчет содержания оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия

В работе приводятся результаты расчетов объемного содержания, массовой концентрации оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 выполненных по результатам экспериментальных данных при работе на дизельном топливе и на природном газе в зависимости от изменения угла поворота коленчатого вала на режимах номинальной частоты вращения и максимального крутящего.

Ключевые слова: дизель, альтернативное топливо, природный газ, оксиды азота, объемное содержание и массовая концентрация оксидов азота, промежуточное охлаждение надувочного воздуха.

На основании модели воспламенения метановоздушной смеси были проведены теоретические расчеты объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 с ПОНВ при работе на природном газе (ПГ) на всех скоростных и нагрузочных режимах работы [1–11].

Результаты теоретических расчетов по изменению объемного содержания $\gamma_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на ДТ и ПГ в зависимости от угла п. к. в. для номинальной частоты вращения $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,947 \text{ МПа}$ и частоты вращения максимального крутящего момента $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 1,036 \text{ МПа}$ при установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 7^\circ$ до в. м. т. представлены на рисунке 1.

Максимальное теоретическое значение объемного содержания оксидов азота $\gamma_{\text{NOx max теор}}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,947 \text{ МПа}$ составляет 892 ppm, максимальная массовая концентрация $C_{\text{NOx max теор}}$ составляет $1,284 \text{ г/м}^3$, при $\phi_{\text{NOx max теор}} = 14,5^\circ$ п. к. в. после в. м. т. Объемное содержание оксидов азота $\gamma_{\text{NOx вых теор}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\phi_{\text{NOx вых теор}} = 130,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т. составляет 684 ppm, при массовой концентрации $C_{\text{NOx вых теор}} 0,984 \text{ г/м}^3$.

Максимальное теоретическое значение объемного содержания оксидов азота $\gamma_{\text{NOx max теор}}$ в цилиндре при работе дизеля на ПГ при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,947 \text{ МПа}$ составляет 941 ppm, максимальная массовая концентрация $C_{\text{NOx max теор}}$ составляет $1,355 \text{ г/м}^3$, при $\phi_{\text{NOx max теор}} = 15,5^\circ$ п. к. в. после в. м. т. Объемное содержание оксидов азота $\gamma_{\text{NOx вых теор}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\phi_{\text{NOx вых теор}} = 130,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т. составляет 570 ppm, при массовой концентрации $C_{\text{NOx вых теор}} 0,820 \text{ г/м}^3$. Снижение теоретического объемного содержания $\gamma_{\text{NOx вых теор}}$ и теоретической массовой концентрации

$C_{\text{NOx вых теор}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на ПГ при $\phi_{\text{NOx вых теор}} = 130,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т. составляет 17% [11–21].

Максимальное теоретическое значение объемного содержания оксидов азота $\gamma_{\text{NOx max теор}}$ в цилиндре при работе дизеля на ДТ при $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 1,036 \text{ МПа}$ составляет 913 ppm, максимальная массовая концентрация $C_{\text{NOx max теор}}$ составляет $1,314 \text{ г/м}^3$, при $\phi_{\text{NOx max теор}} = 8,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т. Объемное содержание оксидов азота $\gamma_{\text{NOx вых теор}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\phi_{\text{NOx вых теор}} = 130,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т. составляет 703 ppm, при массовой концентрации $C_{\text{NOx вых теор}} 1,012 \text{ г/м}^3$.

Максимальное теоретическое значение объемного содержания оксидов азота $\gamma_{\text{NOx max теор}}$ в цилиндре при работе дизеля на ПГ при $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 1,036 \text{ МПа}$ составляет 957 ppm, максимальная массовая концентрация $C_{\text{NOx max теор}}$ составляет $1,378 \text{ г/м}^3$, при $\phi_{\text{NOx max теор}} = 9,5^\circ$ п. к. в. после в. м. т. Объемное содержание оксидов азота $\gamma_{\text{NOx вых теор}}$ в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $\phi_{\text{NOx вых теор}} = 130,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т. (выходное теоретическое значение в момент открытия выпускного клапана) составляет 603 ppm, при массовой концентрации $C_{\text{NOx вых теор}} 0,868 \text{ г/м}^3$. Снижение теоретического объемного содержания $\gamma_{\text{NOx вых теор}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на ПГ при $\phi_{\text{NOx вых теор}} = 130,0^\circ$ п. к. в. после в. м. т. составляет 14,0% [21–31].

По результатам экспериментальных исследований расчетами объемного содержания $\gamma_{\text{NOx расч}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx расч}}$ оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на ПГ подтверждена высокая сходимость полученных теоретических расчетов объемного содержания $\gamma_{\text{NOx теор}}$ и массовой концентрации $C_{\text{NOx теор}}$ оксидов азота. Разница между теоретическими и расчетными данными не превышает 4%. [30–36].

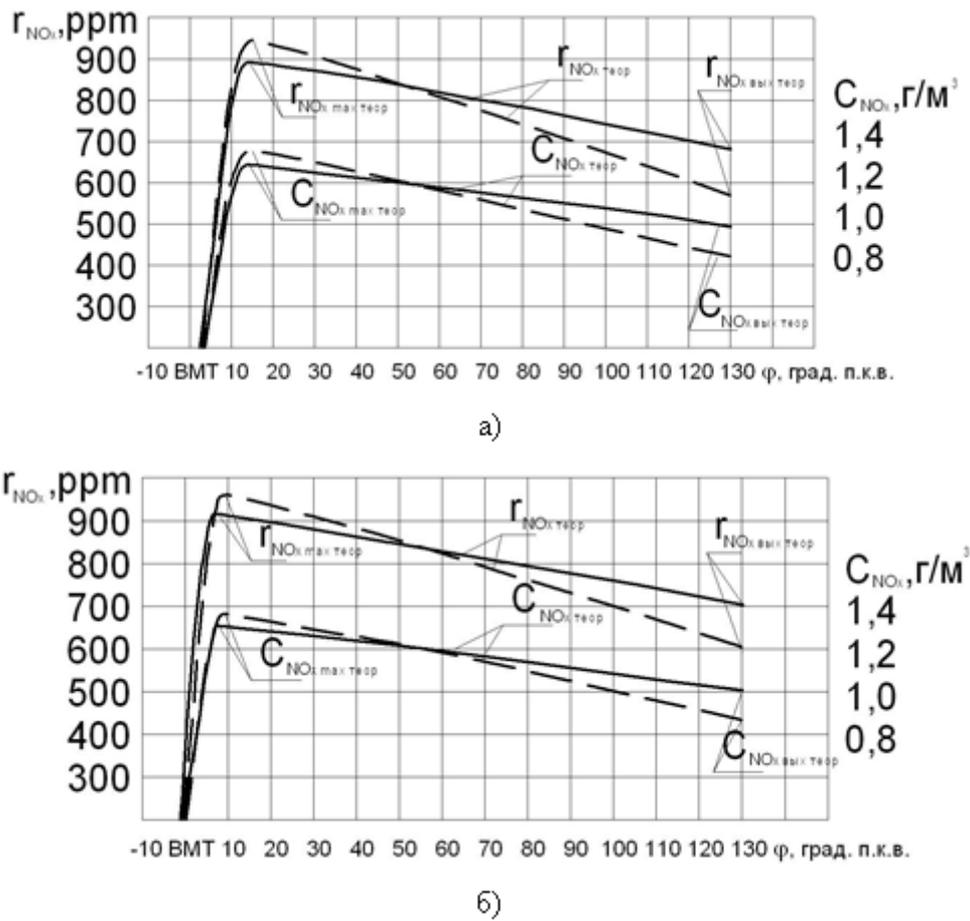


Рис. 1. Результаты теоретических расчетов по изменению объемного содержания r_{NOx} теор и массовой концентрации C_{NOx} теор оксидов азота в цилиндре дизеля 4ЧН 11,0/12,5 ПОНВ при работе на ДТ и ПГ в зависимости от изменения угла п. к. в. двигателя при $\Theta_{впр} = 7^\circ$ до в. м. т.: а — $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,947 \text{ МПа}$; б — $n = 1700 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 1,036 \text{ МПа}$; — — — дизельный процесс, — — — газодизельный процесс

Литература:

1. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей тракторного дизеля путем применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанолю- и этанолю-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 3. с. 3–6.
2. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метанолю- и этанолю-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5. с. 22–25.
3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
4. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
5. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
6. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанолю-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
7. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей тракторного дизеля Д-240 путем применения этанолю-топливной эмульсии // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник: 2013. № 1 (1). с. 29–32.

8. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
9. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 4 (28). с. 70–73.
10. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
11. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 1. с. 11–13.
12. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Шишканов Е. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем их рециркуляции // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 9. с. 8–9.
13. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Олейник М. А., Дубинецкий В. Н. Особенности химизма и феноменологии образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 11. С. 13–16.
14. Лопатин, О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах тракторного дизеля 4Ч 11,0/12,5 (Д-240) при работе на природном газе путем применения рециркуляции отработавших газов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2004. — 18 с.
15. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
16. Лопатин, О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах тракторного дизеля 4Ч 11,0/12,5 (Д-240) при работе на природном газе путем применения рециркуляции отработавших газов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2004. — 200 с.
17. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование скоростного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 3 (16). с. 24–26.
18. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование экологических показателей дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 3 (16). с. 26–28.
19. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 3 (16). с. 28–30.
20. Лопатин, О. П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
21. Лопатин, О. П. Влияние применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсий на содержание токсичных компонентов в отработавших газах тракторного дизеля 4Ч 11,0/12,5 // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 13–15.
22. Лопатин, О. П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 261–265.
23. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
24. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184 с.
25. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 155 с.
26. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
27. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
28. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.

29. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
30. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
31. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
32. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 211 с.
33. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
34. Лиханов, В. А., Гребнев А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения: Монография. — Киров, 2008. — 154 с.
35. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
36. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.

Влияние установочного угла опережения впрыскивания топлива на токсичность отработавших газов дизеля 4ЧН 11,0/12,5

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия

В работе приводятся результаты исследований влияния установочного угла опережения впрыскивания топлива на токсичность отработавших газов дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе на дизельном топливе и на природном газе.

Ключевые слова: дизель, альтернативное топливо, природный газ, оксиды азота, объемное содержание и массовая концентрация оксидов азота, промежуточное охлаждение надувочного воздуха.

В Вятской ГСХА на кафедре ДВС были проведены исследования влияния применения природного газа (ПГ) на эффективные и экологические показатели дизеля с турбонаддувом и промежуточным охлаждением надувочного воздуха (ПОНВ) 4ЧН 11,0/12,5 при работе на различных установочных углах опережения впрыскивания топлива (УОВТ) [1–15].

При работе дизеля с турбонаддувом и промежуточным охлаждением надувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 были сняты нагрузочные и скоростные характеристики при равных значениях эффективной мощности и крутящего момента на четырех углах опережения впрыскивания топлива $\Theta_{\text{впр}} = 5^\circ$, $\Theta_{\text{впр}} = 7^\circ$, $\Theta_{\text{впр}} = 9^\circ$ и $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$ до в. м. т. по дизельному и газодизельному процессам с одновременным индизированием рабочего процесса и определением токсичности и дымности ОГ. Характеристики снимались для определения и оптимизации эффективных и экологических показателей двигателя, а также показателей горения и характеристик тепло-

выделения. По результатам нагрузочных характеристик на различных установочных углах опережения впрыскивания топлива были построены регулировочные характеристики, как по дизельному, так и по газодизельному процессу.

На рисунке 1 представлено содержание токсичных компонентов в отработавших газах дизеля с турбонаддувом и ПОНВ 4ЧН 11,0/12,5, в зависимости от изменения установочного угла опережения впрыскивания топлива для номинальной частоты вращения $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ при работе на дизельном топливе и на природном газе.

Как видно из графиков при всех значениях установочных УОВТ при переходе на газодизельный процесс в отработавших газах происходит снижение содержания оксидов азота и сажи, но происходит увеличение содержания углеводородов, углекислого и угарного газа.

Таким образом, по показателям объемного содержания оксидов азота и показателям процесса сгорания,

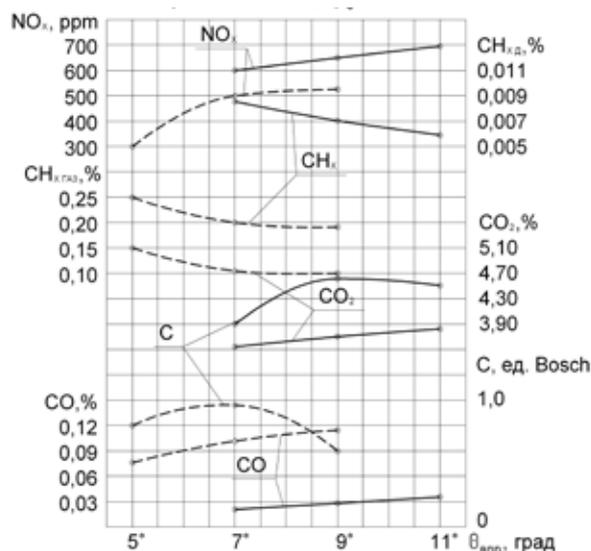


Рис. 1. Влияние применения природного газа на содержание токсичных компонентов в отработавших газах дизеля с турбонаддувом и ПОНВ 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения установочного УОВТ при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$, $p_e = 0,947 \text{ МПа}$;

— — дизельный процесс, - - - газодизельный процесс

с учетом эффективных показателей необходимо принять оптимальный установочный УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 7^\circ$ для газодизельного процесса и $\Theta_{\text{впр}} = 9^\circ$ для дизельного процесса [16–25].

Сравнивая оптимальные установочные УОВТ (оптимальный установочный УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 7^\circ$ для газодизельного процесса и $\Theta_{\text{впр}} = 9^\circ$ для дизельного процесса), следует отметить, что при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ при работе по газодизельному процессу содержание СО в отработавших газах составляет 0,10%. Для дизельного процесса — 0,029%. Таким образом, разница между дизельным и газодизельным процессом равна 0,071%. Содержание CO₂ при работе на данном режиме по газодизельному циклу составляет 4,72%, при работе по ди-

зельному циклу — 3,75%. Содержание NO_x на газодизельном цикле составляет 499 ppm, при работе по дизельному циклу — 650 ppm. Таким образом снижение объемного содержания оксидов азота при работе по газодизельному циклу на установочном УОВТ $\Theta_{\text{впр}} = 9^\circ$, $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ составляет 151 ppm или 23%. Разница между дизельным и газодизельным процессом равна 0,9 единицы Bosch, т.е. снижение содержания сажи при работе на данном режиме по газодизельному циклу составляет 50% [26–32].

Для оптимальных установочных УОВТ характерна устойчивая работа, жесткость рабочего процесса $dP/d\phi$ находится в пределах допустимых значений и составляет менее 1 МПа/град.

Литература:

1. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей тракторного дизеля путем применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанолю- и этанолю-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 3. с. 3–6.
2. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метанолю- и этанолю-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5. с. 22–25.
3. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
4. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
5. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
6. Лиханов, В.А., Лопатин О.П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанолю-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.

7. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей тракторного дизеля Д-240 путем применения этанола-топливной эмульсии // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник: 2013. № 1 (1). с. 29–32.
8. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
9. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 4 (28). с. 70–73.
10. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
11. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 1. с. 11–13.
12. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Шишканов Е. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем их рециркуляции // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 9. с. 8–9.
13. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Олейник М. А., Дубинецкий В. Н. Особенности химизма и феноменологии образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 11. С. 13–16.
14. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
15. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование скоростного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 3 (16). с. 24–26.
16. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 3 (16). с. 28–30.
17. Лопатин, О. П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
18. Лопатин, О. П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 261–265.
19. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
20. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184 с.
21. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 155 с.
22. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
23. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
24. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
25. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
26. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
27. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
28. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 211 с.

29. Гребнев, А.В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
30. Лиханов, В.А., Гребнев А.В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения: Монография. — Киров, 2008. — 154 с.
31. Анфилатов, А.А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
32. Анфилатов, А.А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.

Влияние применения метанола-топливной эмульсии на содержание оксидов азота в отработавших газах 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия

В работе приводятся результаты изменения объемного содержания и массовой концентрации оксидов азота дизеля газов дизеля 4Ч 11,0/12,5 выполненных по результатам экспериментальных данных при работе на метанола-топливной эмульсии.

Ключевые слова: дизель, альтернативное топливо, метанол, эмульсия, оксиды азота

В настоящее время среди множества способов применения спиртовых видов топлива для транспортных силовых установок недостаточно изученным является подача спиртов в цилиндр в виде эмульсий. В Вятской ГСХА на кафедре ДВС были проведены исследования влияния применения метанола-топливной эмульсии (МТЭ) на эффективные и экологические показатели дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на различных нагрузочных режимах [1–10].

На рисунке 1 представлено влияние применения МТЭ на показатели процесса сгорания в цилиндре, показатели объемного содержания $\gamma_{\text{NOx опыт}}$, массовой концентрации $C_{\text{NOx опыт}}$ оксидов азота в отработавших газах (ОГ) дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения.

При увеличении частоты вращения происходит снижение максимального давления сгорания $p_{z \text{ max}}$, увеличение максимальной осредненной температуры T_{max} и снижение объемного содержания $\gamma_{\text{NOx опыт}}$ массовой концентрации $C_{\text{NOx опыт}}$ оксидов азота в цилиндре в момент открытия выпускного клапана. При низкой частоте вращения увеличивается время нахождения продуктов сгорания в зоне высоких температур, и как следствие, объемное содержание $\gamma_{\text{NOx опыт}}$ массовая концентрация $C_{\text{NOx опыт}}$ оксидов азота увеличивается.

Из анализа графиков видно, что максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ при работе на дизельном топливе (ДТ) уменьшается с 8,63 МПа при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 8,43 МПа при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$. Максимальное давление сго-

рания $p_{z \text{ max}}$ снижается на 0,20 МПа, или 2,3%. Максимальная осредненная температура T_{max} в цилиндре возрастает с 2170 К при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$, до 2230 К при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$. Рост максимальной температуры T_{max} составляет 60 К, или 2,8% [11–22].

При работе МТЭ максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ уменьшается с 9,08 МПа при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 8,46 МПа при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$. Снижение максимального давления сгорания $p_{z \text{ max}}$ составляет 0,62 МПа, или 7,3%. Максимальная осредненная температура T_{max} увеличивается с 2260 К при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 2630 К при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$, т.е. максимальная осредненная температура T_{max} увеличивается на 16,4%.

Из графиков видно, что при работе дизеля на ДТ при увеличении частоты вращения коленчатого вала уменьшается объемное содержание $\gamma_{\text{NOx опыт}}$ оксидов азота в ОГ с 685 ppm при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 636 ppm при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$. Снижение объемного содержания $\gamma_{\text{NOx опыт}}$ оксидов азота составляет 7,1%. Массовая концентрация оксидов азота $C_{\text{NOx опыт}}$ при увеличении частоты вращения коленчатого вала также уменьшается с 0,98 г/м³ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 0,91 г/м³ при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$.

При работе дизеля на МТЭ объемное содержание $\gamma_{\text{NOx опыт}}$ и массовая концентрация $C_{\text{NOx опыт}}$ оксидов азота выше в среднем на 20%, чем при работе на ДТ во всем диапазоне изменения частот вращения коленчатого вала двигателя.

Анализируя изменение показателей процесса сгорания в цилиндре и объемного содержания $\gamma_{\text{NOx опыт}}$, мас-

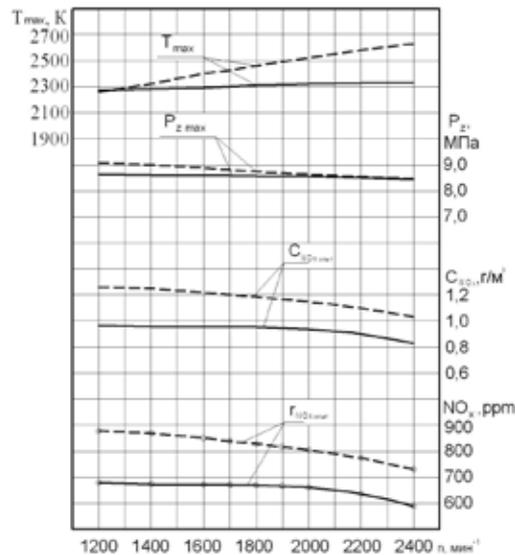


Рис. 1. Влияние применения МТЭ на показатели процесса сгорания в цилиндре, показатели объемного содержания r_{NOx} опыт, массовой концентрации C_{NOx} опыт оксидов азота в ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения:
 — — ДТ; — — — МТЭ

совой концентрации C_{NOx} опыт оксидов азота в ОГ дизеля 4Ч 11,0/12,5 при переходе с ДТ на МТЭ при работе на оптимальных установочных УОВТ ($\Theta_{впр\ ДТ} = 26^\circ$ и $\Theta_{впр\ МТЭ} = 23^\circ$) и номинальной частоте вращения $n = 2200$ мин $^{-1}$ и $p_c = 0,64$ МПа, можно отметить следующее.

Максимальное давление цикла $p_{z\ max}$ при работе на МТЭ выше, чем при работе дизеля на ДТ. Так, при $n = 2200$ мин $^{-1}$ максимальное давление цикла $p_{z\ max}$ увеличивается с 8,51 МПа при работе на ДТ до 7,54 МПа при работе на МТЭ. Максимальное давление цикла $p_{z\ max}$ при ра-

боте на МТЭ увеличивается на 0,4%. Максимальная осредненная температура T_{max} при работе на МТЭ составляет 2580 К, а при работе на ДТ составляет 2220 К, т. е. максимальная осредненная температура T_{max} при работе на МТЭ увеличивается на 16,2% [23–33].

На основании полученных данных можно сделать вывод, что применение МТЭ не позволяет обеспечить снижение объемного содержания r_{NOx} опыт и массовой концентрации C_{NOx} опыт оксидов азота в отработавших газах при работе на всех скоростных режимах.

Литература:

1. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей тракторного дизеля путем применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанолю- и этанолю-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 3. с. 3–6.
2. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метанолю- и этанолю-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5. с. 22–25.
3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
4. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
5. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
6. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанолю-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
7. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей тракторного дизеля Д-240 путем применения этанолю-топливной эмульсии // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник: 2013. № 1 (1). с. 29–32.
8. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем применения метанолю с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.

9. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 4 (28). с. 70–73.
10. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
11. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 1. с. 11–13.
12. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Шишканов Е. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем их рециркуляции // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 9. с. 8–9.
13. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Олейник М. А., Дубинецкий В. Н. Особенности химизма и феноменологии образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 11. С 13–16.
14. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
15. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование скоростного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 3 (16). с. 24–26.
16. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 3 (16). с. 28–30.
17. Лопатин, О. П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
18. Лопатин, О. П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 261–265.
19. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
20. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184 с.
21. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 155 с.
22. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
23. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
24. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
25. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
26. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
27. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
28. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 211 с.
29. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
30. Лиханов, В. А., Гребнев А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения: Монография. — Киров, 2008. — 154 с.

31. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
32. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.
33. Лопатин, О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах тракторного дизеля 4Ч 11,0/12,5 (Д-240) при работе на природном газе путем применения рециркуляции отработавших газов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2004. — 18 с.

Влияние применения метанола с двойной системой топливоподачи в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажесодержания

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия

В работе приводятся результаты изменения дымности отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 выполненных по результатам экспериментальных данных при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи.

Ключевые слова: дизель, альтернативное топливо, метанол, сажа, двойная система топливоподачи.

При вдыхании сажи ее частицы оказывают вредное воздействие на дыхательные органы человека. Основные токсические свойства сажи обусловлены не углеродом, а присутствием на ней канцерогенных полициклических ароматических углеводородов.

На рисунке 1 представлено влияние применения метанола с ДСТ в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажесодержания в зависимости от изменения частоты вращения [1–15].

При увеличении частоты вращения происходит увеличении максимального давления сгорания $p_{z \max}$, максимальной осредненной температуры цикла T_{\max} , и массовой концентрации сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых}}$. При низкой частоте вращения увеличивается время, отводимое на окисление частиц сажи, и как следствие, $C_{\text{вых}}$ уменьшается.

Из анализа графиков видно, что максимальное давление сгорания при работе на ДТ уменьшается с 7,15 МПа при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 6,90 МПа при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Максимальная осреднённая температура газов в цилиндре возрастает с 1830 К при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 2020 К при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Рост температуры составляет 190 К, или 9,4%. Опытная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых ДТ}}$ возрастает с 0,28 г/м³ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 0,66 г/м³ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Увеличение составляет 0,38 г/м³ или в 2,4 раза. Расчетная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых ДТ}}$ возрастает с 0,24 г/м³ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 0,62 г/м³ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Увеличение составляет 0,38 г/м³ или в 2,6 раза [16–26].

При работе на метаноле с ДСТ $p_{z \max}$ уменьшается с 7,6 МПа при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 7,0 МПа при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$.

Снижение составляет 0,6 МПа или 7,9%. T_{\max} увеличивается от 1880 К при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 2050 К при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$, т. е. на 9%. Опытная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых М}}$ возрастает с 0,024 г/м³ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 0,039 г/м³ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Увеличение составляет 0,015 г/м³ или 62,5%. Расчетная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана $C_{\text{вых М}}$ возрастает с 0,025 г/м³ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ до 0,037 г/м³ при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$. Увеличение составляет 0,012 г/м³ или 48%.

Максимальное давление цикла при работе дизеля на метаноле с ДСТ при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ больше, чем при работе дизеля на ДТ. Так, при $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ максимальное давление цикла увеличивается с $p_{z \max} = 7,15 \text{ МПа}$ при работе дизеля на ДТ до $p_{z \max} = 7,6 \text{ МПа}$ при работе дизеля на метаноле с ДСТ (на 6,3%). С увеличением частоты вращения происходит снижение максимального давления сгорания, при $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ значение $p_{z \max} = 6,9 \text{ МПа}$ при работе дизеля на ДТ, $p_{z \max} = 7,0 \text{ МПа}$ при работе дизеля на метаноле с ДСТ (на 1,5%). При увеличении частоты вращения до $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ коэффициент избытка воздуха увеличивается с $\alpha = 1,3$ при работе на ДТ до значения $\alpha = 1,6$ при работе на метаноле с ДСТ. При $n = 1200 \text{ мин}^{-1}$ $C_{\text{вых}}$ снижается с 0,28 г/м³ при работе на ДТ до 0,024 г/м³ при работе на метаноле с ДСТ. концентрация сажи уменьшается в 11,6 раз. При $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ $C_{\text{вых}}$ снижается с 0,66 г/м³ при работе на ДТ до 0,039 г/м³ при работе на метаноле с ДСТ, т. е. в 16,9 раз [26–33].

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что применение метанола с ДСТ в дизелях транспортных средств позволяет значительно снизить дымность ОГ, содержание канцерогенного бенз (а) пирена.

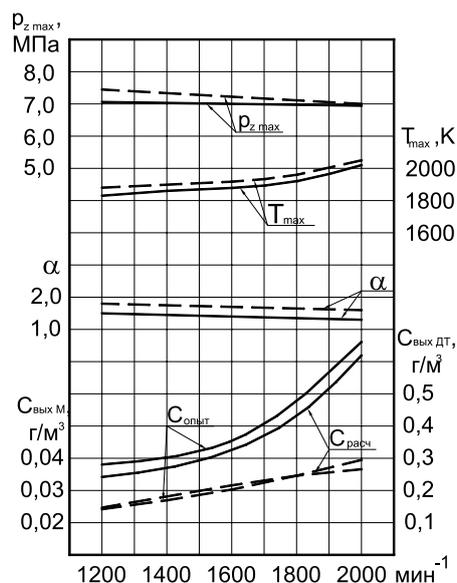


Рис. 1. Влияние применения метанола с ДСТ в дизеле 24 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажеосодержания в зависимости от изменения частоты вращения:
 — — дизельный процесс; — — метанол с запальным ДТ

Литература:

1. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей тракторного дизеля путем применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 3. с. 3–6.
2. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метанола- и этанола-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5. с. 22–25.
3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
4. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
5. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
6. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этанола-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
7. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей тракторного дизеля Д-240 путем применения этанола-топливной эмульсии // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник: 2013. № 1 (1). с. 29–32.
8. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
9. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этанола-топливной эмульсии // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 4 (28). с. 70–73.
10. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
11. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 1. с. 11–13.
12. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Шишканов Е. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем их рециркуляции // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 9. с. 8–9.
13. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Олейник М. А., Дубинецкий В. Н. Особенности химизма и феноменологии образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 11. С 13–16.

14. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
15. Лопатин, О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах тракторного дизеля 4Ч 11,0/12,5 (Д-240) при работе на природном газе путем применения рециркуляции отработавших газов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2004. — 200 с.
16. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование скоростного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 3 (16). с. 24–26.
17. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование экологических показателей дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метанола- и этанола топливных эмульсиях // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 3 (16). с. 26–28.
18. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 3 (16). с. 28–30.
19. Лопатин, О. П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
20. Лопатин, О. П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 261–265.
21. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
22. Анфилатов, А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184 с.
23. Анфилатов, А. А., Лиханов В. А., Лопатин О. П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 155 с.
24. Лиханов, В. А., Анфилатов А. А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
25. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
26. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
27. Лиханов, В. А., Чувашев А. Н., Глухов А. А., Анфилатов А. А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
28. Анфилатов, А. А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
29. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 211 с.
30. Гребнев, А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
31. Лиханов, В. А., Гребнев А. В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения: Монография. — Киров, 2008. — 154 с.
32. Анфилатов, А. А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
33. Анфилатов, А. А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.

Влияние применение метанола на дымность отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12

Скрябин Максим Леонидович, кандидат технических наук, доцент
Вятская государственная сельскохозяйственная академия

В работе приводятся результаты изменения дымности отработавших газов дизеля 2Ч 10,5/12 выполненных по результатам экспериментальных данных при работе на метаноле с двойной системой топливоподачи на режиме номинальной частоты вращения.

Ключевые слова: дизель, альтернативное топливо, метанол, сажа, двойная система топливоподачи.

Известно, что в дизелях при сжигании жидких нефтяных видов топлива выброс токсичных компонентов, наиболее токсичными из них являются оксиды азота и сажа. При вдыхании сажи ее частицы оказывают вредное воздействие на дыхательные органы человека.

На рисунке 1 представлено влияние применения метанола с ДСТ в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и сажесодержания в зависимости от нагрузки на номинальном режиме работы при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ [1–8].

Из графиков видно, что при работе дизеля на ДТ при увеличении нагрузки увеличивается максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ от 5,8 МПа при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до 7,2 МПа при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$. Увеличение $p_{z \text{ max}}$ составляет 1,4 МПа, или 19,4%. Максимальная осреднённая температура цикла в цилиндре дизеля $T_{z \text{ max}}$ возрастает с 1540 К при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до 2020 К при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$. Проведенные теоретические расчеты показывают, что расчетная массовая концентрация сажи в цилиндре в момент

открытия выпускного клапана $C_{\text{вых ДТ}}$ возрастает с 0,095 г/м³ при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до 0,54 г/м³ при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$. Разница между теоретическим и экспериментальным значениями массовой концентрации сажи составляет от 5% при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до 10% при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$. Из кривых, видно, что при работе на метаноле с ДСТ при увеличении нагрузки максимальное давление сгорания $p_{z \text{ max}}$ возрастает с 5,2 МПа при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до 7,3 МПа при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$. Увеличение составляет 2,1 МПа, или 28,8%. Максимальная осреднённая температура цикла при работе дизеля на метаноле увеличивается от 1360 К при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до 2040 К при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$. Рост температуры при изменении нагрузки составляет 680 К, или 33,3%. Коэффициент избытка воздуха при работе дизеля на метаноле с ДСТ уменьшается с увеличением нагрузки с $\alpha = 3,6$ при $p_e = 0,127 \text{ МПа}$ до значения $\alpha = 1,5$ при $p_e = 0,65 \text{ МПа}$. Снижение составляет 58,3%. Содержание сажи определяет дымность ОГ [8–19].

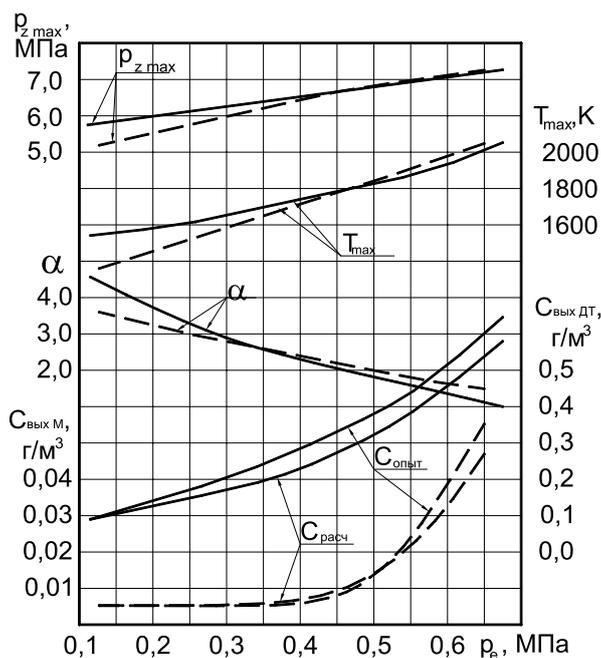


Рис. 1. Влияние применения метанола с ДСТ в дизеле 2Ч 10,5/12,0 на показатели процесса сгорания и показатели сажесодержания в зависимости от изменения нагрузки при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$

— — — дизельный процесс; — — — метанол с запальным ДТ

При работе дизеля на метаноле с ДСТ максимальное давление сгорания снижается при $p_e = 0,127$ МПа с 5,8 МПа при работе на ДТ до 5,2 МПа. Снижение составляет 0,6 МПа или 10,3%. При $p_e = 0,65$ МПа $p_{z\max}$ увеличивается с $p_{z\max} = 7,2$ МПа при работе на ДТ, до $p_{z\max} = 7,3$ МПа при работе на метаноле с ДСТ. Увеличение составляет 1,37%. Максимальная осреднённая температура цикла при работе дизеля на метаноле с ДСТ при $p_e = 0,127$ МПа снижается с 1540 К до 1360 К. Снижение равно 180 К или 11,7%. При $p_e = 0,65$ МПа максимальная осреднённая температура цикла при работе на метаноле выше чем при работе на ДТ, 2040 К и 2020 К соответственно [9–21].

При $p_e = 0,127$ МПа коэффициент избытка воздуха уменьшается с $\alpha = 4,45$ при работе на ДТ до значения $\alpha = 3,6$ при работе на метаноле с ДСТ. Снижение составляет 0,85 или 19,1%. При увеличении нагрузки до $p_e = 0,65$ МПа коэффициент избытка воздуха увеличивается с $\alpha = 1,1$ при работе на ДТ до значения $\alpha = 1,5$ при работе на метаноле с ДСТ. С увеличением нагрузки массовая концентрация сажи в цилиндре в момент открытия выпускного клапана увеличивается, и снижение становится менее значительным. При $p_e = 0,65$ МПа $C_{\text{вых}}$ снижается с 0,6 г/м³ при работе на ДТ до 0,055 г/м³ при работе на метаноле с ДСТ. Концентрация сажи снижается в 11 раз [22–32].

Литература:

1. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей тракторного дизеля путем применения природного газа и рециркуляции отработавших газов, метаноле- и этаноле-топливных эмульсий // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 3. с. 3–6.
2. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследования эффективных и экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 при работе на природном газе с рециркуляцией отработавших газов, метаноле- и этаноле-топливных эмульсиях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 5. с. 22–25.
3. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Образование и нейтрализация оксидов азота в цилиндре газодизеля: Монография. — Киров: Вятская ГСХА, 2004. — 106 с
4. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения природного газа и рециркуляции // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 4 (40). с. 21–25.
5. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Применение природного газа и рециркуляции на тракторном дизеле 4Ч 11,0/12,5 // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 6. с. 7–9.
6. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля путем применения этаноле-топливной эмульсии // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. с. 6–7.
7. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение эксплуатационных показателей тракторного дизеля Д-240 путем применения этаноле-топливной эмульсии // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник: 2013. № 1 (1). с. 29–32.
8. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Анфилатов А. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
9. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 4Ч 11,0/12,5 путем применения этаноле-топливной эмульсии // Транспорт на альтернативном топливе. 2012. № 4 (28). с. 70–73.
10. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Улучшение экологических показателей дизеля с промежуточным охлаждением наддувочного воздуха // Тракторы и сельхозмашины. 2011. № 2. с. 6–7.
11. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля с турбонаддувом путем применения природного газа // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 1. с. 11–13.
12. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Шишканов Е. А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путем их рециркуляции // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 9. с. 8–9.
13. Лиханов, В. А., Лопатин О. П., Олейник М. А., Дубинецкий В. Н. Особенности химизма и феноменологии образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на природном газе // Тракторы и сельхозмашины. 2006. № 11. С 13–16.
14. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование нагрузочного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метаноле- и этаноле топливных эмульсиях // Потенциал современной науки. 2015. № 3 (11). с. 40–44.
15. Лиханов, В. А., Лопатин О. П. Исследование скоростного режима дизеля при работе на природном газе с рециркуляцией, метаноле- и этаноле топливных эмульсиях // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 3 (16). с. 24–26.
16. Лопатин, О. П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. № 3 (16). с. 28–30.

17. Лопатин, О.П. Применение природного газа и рециркуляции отработавших газов для снижения токсичности тракторного дизеля // Молодой ученый. 2015. № 6–5 (86). с. 11–13.
18. Лопатин, О.П. Зонная модель процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 261–265.
19. Лопатин, О.П. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре газодизеля с турбонаддувом // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 265–268.
20. Анфилатов, А.А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 184 с.
21. Анфилатов, А.А., Лиханов В.А., Лопатин О.П. Исследование процессов образования и разложения оксидов азота в цилиндре дизеля 2Ч 10,5/12,0 путем применения метанола с двойной системой топливоподачи: Монография. — Киров, 2008. — 155 с.
22. Лиханов, В.А., Анфилатов А.А. Изменение образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 4. с. 3–5.
23. Лиханов, В.А., Лопатин О.П., Анфилатов А.А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля путём применения метанола с использованием двойной системы топливоподачи // Тракторы и сельхозмашины. 2012. № 5. с. 5–8.
24. Анфилатов, А.А. Снижение содержания оксидов азота в отработавших газах дизеля 2Ч 10,5/12,0 путём применения метанола с двойной системы топливоподачи. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
25. Лиханов, В.А., Чувашев А.Н., Глухов А.А., Анфилатов А.А. Улучшение экологических показателей дизеля 2Ч 10,5/12,0 при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 3. с. 4–5.
26. Лиханов, В.А., Чувашев А.Н., Глухов А.А., Анфилатов А.А. Улучшение эффективных и экологических показателей дизеля при работе на метаноле // Тракторы и сельхозмашины. 2007. № 4. с. 10–13.
27. Анфилатов, А.А. Влияние метанола на оксиды азота при сгорании в цилиндре дизеля // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 151–154.
28. Гребнев, А.В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук/Киров, 2009. — 211 с.
29. Гребнев, А.В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук/Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, 2009. — 18 с.
30. Лиханов, В.А., Гребнев А.В. Улучшение эффективных показателей дизеля с промежуточным охлаждением надвучного воздуха 4ЧН 11,0/12,5 при работе на природном газе путем совершенствования процессов сгорания и тепловыделения: Монография. — Киров, 2008. — 154 с.
31. Анфилатов, А.А. Химизм процесса образования оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 139–142.
32. Анфилатов, А.А. Теоретические расчеты объемного содержания оксидов азота в цилиндре дизеля при работе на метаноле для номинальной частоты вращения // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 142–145.

Некоторые подходы к формализации управления структурой и свойствами строительных материалов

Сухов Ярослав Игоревич, студент;
Гарькина Ирина Александровна, доктор технических наук, профессор
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Рассматриваются методологические основы формализации задач управления структурой и свойствами строительных материалов на основе их представления как сложных систем с присущими им системными атрибутами.

Ключевые слова: *строительные материалы, сложные системы, системные атрибуты материалов, рецептурно-технологические параметры, формализация управления свойствами и структурой.*

При разработке методов синтеза строительных материалов основную роль играет системный подход к исследованию проблем идентификации, фундаментальные исследования математических и вычислительных проблем управления, концептуальных аспектов идентификации и моделирования, компьютерных проблем развития информационно-вычислительной среды. Пока существует актуальная потребность создания наукоемких методологий для начальных этапов поиска решений трудных (существенно нестандартных) практических задач, содержащих трудно формализуемые и высокие требования к качеству управления (оценивания, прогнозирования) [1].

При решении задач идентификации (как правило, включается и процесс человеческого выбора) для описания реальности многое зависит от априорной нацеленности исследователя на применение *определенного* математического аппарата, от *степени его разработанности* и часто подсказываются математической интуицией. На уровне *конкретного теоретического исследования* основные интеллектуальные усилия направляются на *структуризацию и абсолютную формализацию* данного процесса. В рамках *математического дисциплинарного образа* наиболее важны теоретические исследования по выбору и оценке качества «наилучшей» структуры (заданное семейство математических уравнений). Содержанием структурной идентификации в основном является математическое моделирование и исследование *локальных* фрагментов без учета их реального контекста и включает этапы:

- разработка содержательной постановки практической задачи,
- выбор математической задачи с заданными параметрами,
- поиск *адекватных* значений заданных параметров математической задачи,
- коррекция *содержательной* постановки практической задачи,
- *предварительный* выбор и алгоритмизация адекватной постановки,
- поиск решения *пробной* постановки практической задачи и др.

Наибольшая ответственность возникает при процедуре *принятия решений* (объекты плохо формализуемы; сложная иерархия задач; задачи оперативного управления являются лишь *фрагментами глобальной задачи* управления качеством и требуют *отслеживания частных критериев* и т.д.). Большинство из этих задач возможно решить лишь на междисциплинарном уровне (естественно желательно каждый фрагмент локальной или глобальной задачи — в пределах одной дисциплины), что требует подготовки соответствующего интеллектуального потенциала внутри различных дисциплинарных научных школ. Однако построение *полностью* автоматических систем управления качеством практически неразрешима: *человек всегда будет пользоваться безусловным приоритетом перед результатами анализа* (например, многокритериальная оценка строительных материалов коллективом экспертов).

Рассчитывать на решение *всех* вопросов идентификации материалов (как структурной, так и параметрической) скорее всего не стоит, но создание и внедрение прототипов новых систем идентификации остаются чрезвычайно актуальными. Это относится и к тиражированию эталонных прикладных разработок теории идентификации в различные отрасли промышленности (ярким примером служит формализация шкалы *Купера-Харпера*; многократно подтвердилась эффективность при синтезе материалов специального назначения [2,3]).

Для разработки и управления качеством строительных материалов с регулируемой структурой и свойствами для защиты от радиации (с использованием системного подхода, теорий идентификации и управления; по введенной иерархии критериев и выделенным комплексами решаемых частных задач) строилась *иерархическая структура материала с оценками её элементов* (основа перспективного планирования всего комплекса разработок и отдельных систем [2]).

Неопределенность целей при многокритериальном синтезе материалов была преодолена с использованием линейной свертки, введением контрольных показателей, построением множеств Парето и др.

В большинстве случаев *целевая функция определялась исходя из желаемого вида кинетических про-*

цессов формирования основных физико-механических характеристик композиционных строительных материалов (прочность, модуль упругости, усадка, изменение внутренних напряжений, химическая стойкость, водопоглощение и водостойкость и т.д.) на основе решения сначала *общей*, а затем *частной* задачи идентификации [4]. Такой выбор целевой функции, в частности, определялся возможностью установления связи между строением композиционного материала и проявляющимися при соответствующих условиях изменениями макроэкономических характеристик.

На основе *классификации* наиболее распространенных видов *кинетических процессов* строилась их *обобщенная модель* [4]. Каждый из рассматриваемых кинетических процессов — частный случай обобщенной модели. *Алгоритмы определения параметров моделей* составлялись исходя из характерных точек кинетических процессов (точки экстремума, перегиба, установившиеся значения и т.д.).

Параметрическая идентификация кинетических процессов сводилась к определению параметров обобщенной модели (например, корней характеристического полинома).

При решении отдельных задач целевая функция формировалась с учетом как реакции системы на пробные воздействия, так и синхронных измерений характеристик системы и управляющих воздействий в процессе нормальной эксплуатации.

Учитывая сложность моделей систем и трудность установления влияния рецептурно-технологических параметров на характеристики материалов, специально разрабатывалась методика управления выходными характеристиками материала на основе изучения кинетических процессов формирования физико-механических характеристик материала. Определялись *перекрестные связи* (синергетика) между свойствами материала. На их основе *уточнялись структурные и математические модели* систем и подсистем с последующей *идентификацией па-*

раметров (для отдельных систем — из условий получения экстремумов целевых функций).

Оптимизация структуры и свойств материала по параметрам кинетических процессов формирования его физико-механических характеристик осуществлялась на основе специально разработанного функционала качества.

При выбранной балльности шкалы *идентификация областей равных оценок* производилась на основе *сравнения расчетных границ с экспериментальными*.

Связь характеристик материала с параметрами модели определялся по экспериментальным данным, рецептурный состав материала — с использованием градиентных методов.

При управлении качеством радиационно-защитных композиционных материалов оказалось эффективным использование принципа Парето: *начальные 20% определяют последующие 80% времени выхода контролируемого параметра $y(t)$ на эксплуатационное значение:*

$$I(0,2T) \geq 0,8 I(T),$$

$$I = \int_0^T [\alpha y^2(t) + \beta \dot{y}^2(t)] dt.$$

Применение принципа Парето значительно облегчает и разработку рецептуры (содержание ингредиентов, гранулометрический состав и т.д.): *выделить элементы в рецептуре, определяющие, в основном, эксплуатационные характеристики материала*. Так, для эпоксидных композиционных материалов для защиты от радиации прочность и плотность, в основном, определяются степенью наполнения и видом модификатора.

Использовался и итеративный способ улучшения качества материала на основе последовательного построения на каждом этапе соответствующих диаграмм Парето.

Результаты исследований прошли многочисленную апробацию [5...7] при разработке строительных материалов различного назначения.

Литература:

1. Прангишвили, И. В., Лотоцкий В. А., Гинсберг К. С., Смолянинов В. В. Идентификация систем и задачи управления: на пути к современным системным методологиям // Проблемы управления. — 2004. — № 4. — с. 2–15.
2. A. Danilov, I. Garkina. Systems approach to the modeling and synthesis of building materials/Contemporary Engineering Sciences. — Vol. 8. — 2015. — no. 5. — P. 219–225. [http:// dx.doi.org/10.12988/ces.2015.517](http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.517)
3. Данилов, А. М., Гарькина И. А. Сложные системы: идентификация, синтез, управление: монография. — Пенза: ПГУАС. — 2011. — 308 с.
4. I. Garkina. Modeling of kinetic processes in composite materials/Contemporary Engineering Sciences. — Vol. 8. — 2015. — no. 10. — P. 421–425. <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5258>
5. Данилов, А. М., Гарькина И. А., Сорокин Д. С. Гомеостатическая концепция моделирования систем в строительном материаловедении/Региональная архитектура и строительство. — 2014. — № 4. — с. 24–30.
6. Данилов, А. М., Гарькина И. А. Системный подход к конструированию композиционных материалов/Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. — 2012. — № 7 (162). — с. 23–25.
7. Гарькина, И. А., Данилов А. М., Петренко В. О. Из опыта разработки материалов специального назначения/Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 5. — с. 235.

Проблемы проектирования сейсмостойких зданий

Толушов Сергей Александрович, кандидат технических наук, декан;

Немова Екатерина Юрьевна, магистрант;

Загарина Мария Сергеевна, магистрант

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Проблема проектирования и строительства зданий и сооружений в сейсмически активных районах получает большое развитие в наше время. Особое место занимает вопрос обеспечения прочности, устойчивости, жесткости и безопасности зданий и сооружений, подвергаемых такому типу особых нагрузок.

Даже небольшое землетрясение всего в 3–5 баллов может в считанные минуты нанести зданию или сооружению непоправимый ущерб, который повлечет их лавинообразное обрушение и приведет к гибели людей. Поэтому перед проектировщиками и строителями стоит вопрос о том, как сделать так, чтобы здание не только не разрушилось во время данного стихийного бедствия, но и выстояв, получило повреждения, не превышающие своего предельного значения, даже при больших толчках, чем в 3–5 баллов.

Способность здания или сооружения противостоять сейсмическим воздействиям называют сейсмостойкостью. Для достижения необходимой сейсмостойкости зданий, строящихся в сейсмических районах, необходимо учитывать, что на конструкции действуют не только обычные нагрузки, но и горизонтальные пульсирующие, возникающие во время землетрясения. Эти нагрузки носят циклический характер и могут действовать в различных направлениях.

Нормы рекомендуют в целях упрощения расчетов рассматривать только действие горизонтальных сейсмических сил, направленных вдоль осей симметрии, соответствующих наибольшей и наименьшей жесткости здания. Обеспечение сейсмостойкости зданий и сооружений достигается осуществлением градостроительных, объемно-планировочных и конструктивных мероприятий.

При решении вопросов планировки населенных мест в сейсмических районах рекомендуется территорию зонировать с расчленением незастраиваемыми пространствами (зеленые насаждения, площади, каналы). Это требование носит в основном противопожарный характер, т. е. ограничивает распространение возможных пожаров. Кроме того, нормы предусматривают возможное увеличение (на 15...20%) ширины улиц и разрывов между зданиями. [4,5]

Анטיсейсмические швы применяют в зданиях с несущими стенами постановкой двойных стен, а в каркасных зданиях — постановкой двойных рам. Ширина швов должна обеспечивать свободное горизонтальное смещение элементов. В фундаментах, если только они не являются одновременно осадочными, швы можно не делать.

Фундаменты здания или его отсеков, как правило, необходимо закладывать на одном уровне. Под несущие каменные стены надо применять ленточные фундаменты. При устройстве свайных фундаментов следует отдавать предпочтение сваям-стойкам. В зданиях каркасного типа фундаменты под колонны делают железобетонными, монолитными или сборными, связывая их между собой фундаментными балками

Устойчивость и пространственная жесткость зданий с несущими каменными стенами обеспечиваются их соответствующим расположением и усилением их антисейсмическими поясами, которые устраивают по всей протяженности наружных и внутренних стен на уровне перекрытий всех этажей, включая перекрытие над подвалом.

Такие пояса выполняют из монолитного или сборного железобетона или металла (для каменных стен). Монолитные пояса должны иметь непрерывное армирование, а сборные пояса должны быть соединены в жесткую горизонтальную раму сваркой закладных деталей или замоноличиванием выпусков арматуры.

Анטיсейсмические пояса должны иметь ширину, как правило, равную толщине стены. При толщине стены более 500 мм пояса могут быть на 120 мм меньше ширины. Высота пояса чаще всего принимается более 150 мм.

В каменных зданиях в пределах отсека конструктивные решения элементов и материалы для них необходимо принимать одинаковыми, а простенки и проемы — одной ширины. В местах примыкания стен укладывают арматурные сетки.

Высота этажей зданий с несущими каменными стенами не должна превышать 6, 5 и 4 м при сейсмичности соответственно 7, 8 и 9 баллов. Отношение высоты этажа к толщине стены должно быть не более 1:12. [4]

Узлы железобетонных каркасов необходимо усиливать путем установки арматурных сеток или замкнутой поперечной арматуры.

В качестве ограждающих конструкций каркасных зданий рекомендуется применять легкие навесные панели. Если же стены каркасных зданий кирпичные, то их связывают со стойками арматурными выпусками длиной не менее 70 см, располагаемыми через 50 см по высоте.

Для крупнопанельных зданий преимущество имеют схемы с продольными и поперечными несущими стенами. При этом должна быть обеспечена совместная их работа с конструкциями перекрытий. Расстояния между поперечными стенами не должны превышать 6,5 м [4].

Для достижения более низкого расположения центра масс поперечника здания в покрытиях производственных

и общественных зданий (для районов с сейсмичностью 8 и 9 баллов) при пролетах 18 м и более рекомендуется применять металлические фермы и облегченные ограждающие конструкции покрытий. В качестве утеплителя используют эффективные материалы (пенополистирол, стекловату и др.) [4].

Перекрытия и покрытия должны представлять собой жесткий горизонтальный диск, который получают путем анкеровки панелей и заливки швов между ними цементным раствором, устройства монолитных обвязок с соединением панелей перекрытия, а также устройств связей в виде шпонок, выпусков петель и анкеров между панелями и элементами каркаса.

Необходимо предусматривать также мероприятия по упрочнению лестниц, перегородок и других конструктивных элементов.

Кладка печей и дымовых труб должна быть укреплена металлическим каркасом и заключаться в кожух из кровельной стали. Для деревянных зданий (бревенчатых и брусчатых) жесткость углов обычно обеспечивают постановкой связей или рубкой стен с остатком.

На протяжении тысячелетий древесина является одним из самых распространенных строительных материалов. Даже сегодня, когда человечество изобрело бесчисленное множество искусственных стройматериалов и новых строительных технологий — дерево остается одним из наиболее конкурентоспособных материалов для строительства. Каркас деревянного дома, построенного по фахверковой технологии, собирается по сотовому принципу и представляет очень прочное и жесткое (но в тоже время упругое и эластичное сооружение). Сейсмостойкость каркасного дома составляет 9 баллов по шкале Рихтера. Во время сильных землетрясений в Японии только каркасные дома практически не подвергаются разрушениям, поэтому около 75% японцев предпочитают жить именно в таких домах.

В каркасных деревянных зданиях предусматривают устройство дополнительных элементов жесткости в плоскости стен (раскосы, косая обшивка) и перекрытий (диагональный настил черного пола). Стены должны быть надежно заанкерены с фундаментом.

Литература:

1. Ушаков, А. С. Методы самоизоляции фундаментов сооружений [Текст]/А. С. Ушаков // Технические науки: проблемы и перспективы: материалы междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, март 2011 г.). — СПб.: Реноме, 2011. — с. 180–186.
2. Чень Сятин. Диссертация на соискание квалификации «магистр техники и технологии» по направлению «Строительство». Сейсмоизолированное здание со скользящим фторопластным поясом. Санкт-Петербург 2011.
3. Айзенберг, Я. М. Сооружения с выключающимися связями для сейсмических районов. М.: Стройиздат, 1976. 232 с.
4. СП 14.13330.2011 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*
5. С. А. Саидий. Как построить сейсмостойкий дом./С. А. Саидий и др.// Электронная версия издания размещена на сайте ПРООН — www.undp.uz/publications
6. Арискин, М. В. Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния элементов соединений на клеенных шайбах [Текст]/М. В. Арискин [и др.]// Молодой ученый. — 2013. — № 2. — с. 27–31.

Существуют различные способы самоизоляции зданий и сооружений [1]. Они делятся на активные и пассивные. В работе Ч. Сятин разработано сейсмоизолирующее устройство со скользящим поясом с элементами фторопласта в конструкции фундамента [2]. В результате всех произведенных расчетов и моделирования работы данной системы при амплитуде 9 баллов Сятин получил, что:

1) Прогибы плит для разных этажей составили не более 25 мм, что не превышает допустимых значений $l/200=30$ мм;

2) Прогиб верха здания составляет 50 мм, что также находится в пределах нормы $H/1000=75$ мм;

3) Значительно снизились перемещения по направлению X и по направлению Y для разных форм колебания. В результате сейсмоизоляции периоды колебаний увеличиваются, то есть собственные частоты падают, происходит снижение сейсмической нагрузки;

4) В элементах конструкций происходит снижение нормальных напряжений в среднем на 25–30 %;

5) Благодаря сейсмоизоляции снижается расход арматуры.

В работах Я. М. Айзенберга [3] используются адаптивные системы, которые позволяют «приспосабливаться» к сейсмическому воздействию. В результате устройства такой системы связевые панели, установленные между несущими стойками нижнего этажа, при интенсивных колебаниях выключаются из работы. Следовательно, частота свободных колебаний падает, период увеличивается, что приводит к снижению сейсмической нагрузки и связевые панели не разрушаются. К тому же происходит снижение относительных горизонтальных перемещений.

На кафедре строительные конструкции Пензенского государственного университета архитектуры и строительства примечаются программные комплексы [6–12], позволяющие в том числе моделировать поведение несущих конструкций зданий и сооружений при воздействии сейсмических воздействий. На данный момент подготовлен эксперимент по определению частоты собственных колебаний конструкций перехода, методика испытаний и результаты будут опубликованы в следующих номерах.

7. Арискин, М. В. Исследование напряженно-деформированного состояния деревянных гнутоклееных рам [Текст]/М. В. Арискин, Д. В. Гуляев, И. Ю. Агеева // Молодой ученый. — 2013. — № 3. — с. 16–19.
8. Арискин, М. В. Исследование напряженно-деформированного состояния гнутых карнизных узлов рам [Текст]/М. В. Арискин, Д. В. Гуляев, И. Ю. Агеева // Молодой ученый. — 2013. — № 3. — с. 19–25.
9. Арискин, М. В. Методика построения конечно-элементной модели [Текст]/М. В. Арискин, Е. В. Родина, Д. В. Гуляев // Молодой ученый. — 2013. — № 9. — с. 34–36.
10. Арискин, М. В. Исследования напряженно-деформированного состояния деревянных соединений [Текст]/М. В. Арискин, Е. В. Пыж // Молодой ученый. — 2013. — № 11. — с. 65–68.
11. Арискин, М. В. Сопряжение пластинчатых элементов по шарнирной схеме [Текст]/М. В. Арискин, Е. С. Кислякова // Молодой ученый. — 2014. — № 2. — с. 101–104.
12. Арискин, М. В. Анализ НДС в деревянных конструкциях [Текст]/М. В. Арискин, Н. Е. Дмитриева, И. Н. Гарькин // Молодой ученый. — 2015. — № 7. — с. 85–88.

Моделирование технических систем в среде Unity 3D

Ульянов Роман Сергеевич, аспирант
Московский государственный строительный университет

Прокопьев Сергей Вячеславович, магистрант
Московский финансово-юридический университет

Делибалтов Вадим Владиславович, аспирант
Высшая школа экономики (г. Москва)

В статье предложена концепция трёхмерного моделирования технических систем и процессов с помощью программных средств разработки компьютерных игр, одним из которых является среда Unity 3D. Применение указанной концепции открывает широкие возможности по моделированию различных сценариев функционирования технических систем, как на этапах проектирования, так и в процессе эксплуатации. Разработка виртуальных средств моделирования технических систем открывает новые возможности по комплексному прогнозированию результатов отработки сценариев характерных для моделируемых систем, в том числе и сценариев чрезвычайных происшествий.

Ключевые слова: моделирование, Unity 3D, технические системы, программирование, автоматика.

Введение. Поступательное развитие средств вычислительной техники обуславливает все большее проникновение информационных технологий во все сферы человеческой деятельности. За последние 20 лет вычислительная мощность ЭВМ увеличилась более чем в десятки раз, что открывает возможности для все более и более детального моделирования виртуальной реальности. Следует отметить, что появление электронных средств вычислительной техники (СВТ) обусловило разработку моделей и программных средств позволяющих проводить анализ в меру доступных технических возможностей. Базируясь на принципах математического моделирования компьютерное моделирование использовалось для решения различных задач от имитации игрового автомата, до моделирования транспортной системы [1; с. 145–183]. В данной статье будут рассмотрены общие подходы к моделированию и возможность их апробации в виртуальной среде созданной с помощью средства компьютерной разработки Unity 3D.

Компьютерное моделирование технических систем. Компьютерное моделирование применяется для решения

различных задач в области анализа технических систем. Также разнообразны и способы перевода патетических моделей в форму программы ПЭВМ. Одним из распространённых средств может являться моделирование технических систем с помощью графов [2], однако данный метод решает ограниченный круг задач и не может в полной мере решить задачи виртуального моделирования. Другим распространённым способом компьютерного моделирования является перевод математической (физической) модели технической системы, в программный код написанный на одном из распространённых языков программирования. В зависимости от возможностей среды разработки и степени доступности реализации программных элементов, возможно достижение той или иной степени детализации модели. Ярким примером программного моделирования различных технических систем от системы автоматического управления, до модели движения мотоцикла с помощью языка free Pascal, представлен в соответствующей работе Р. В. Майера [3]. Однако, как видно результаты моделирования может быть сложно интерпретировать неподготовленному человеку, также может вы-

Таблица 1. Результаты моделирования, модели при наличии 4 панелевозов в системе

FACILITY	ENTRIES	UTIL	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	INTER	RETRY	DELAY
KRAN_1	38	0.860	10.865	3	3	0	0	0
ROAD_1	37	0.773	10.024	5	5	0	0	0
KRAN_2	36	0.595	7.931	4	4	0	0	0
ROAD_2	35	0.559	7.661	1	1	0	0	0
QUEUE	MAX	CONT	ENTRY	ENTRY (0)	AVE. CONT	AVE. TIME	AVE. (-0)	RETRY
POGR_1	3	0	38	21	0.214	6.055	6.055	0
WAY_1	1	0	37	26	0.033	0.426	1.433	0
POGR_2	1	0	36	35	0.001	0.019	0.672	0
WAY_2	1	0	35	31	0.006	0.088	0.774	0

звать затруднение изменение параметров моделирования. С точки зрения доступности составления модели и обработки результатов моделирования более перспективными являются системы имитационного моделирования позволяющие человеку имеющему минимальные познания в области программирования создавать модели имитирующие различные технические процессы. Примером такой модели может являться имитация процесса строительных и транспортных работ [4,5]. В рамках которой наглядно оценивается загрузка тех или ключевых элементов системы в зависимости от количества действующих объектов системы. Однако рассмотрим результаты моделирования (Таблица 1)

В данной таблице представлены результаты моделирования системы кран — панелевозы, следует отметить, что результаты моделирования будут очевидны и доступны к интерпретации только людям знакомым с исходными условиями модели и умеющими интерпретировать данные полученные в результате работы GPSS WORLD. Как видно из представленных выше способов компьютерного моделирования ни один не представляет должного уровня наглядности. С точки зрения демонстрации результатов моделирования наиболее перспективен путь виртуализации технических систем, так, например с помощью методов трехмерного моделирования возможно рассчитать и визуализировать перемещение «лунохода-1» по поверхности Луны [6]. Следующим этапом развития данных систем должна стать возможность интерактивного взаимодействия пользователя со средой моделирования непосредственно в процессе ее исполнения.

Виртуальное моделирование технических средств с помощью системы Unity 3D. С точки зрения методологии разработки создание виртуальной модели во многом идентично другим способам компьютерного моделирования. Так, например при разработке виртуальной системы необходимо разработать полную ее модель. Важным фактором при разработке модели является составление ее иерархической структуры, системный синтез и анализ, математический и физический аппарат составления модели. Пример иерархической структуры модели представлен на рисунке 1, составление аннотированной структуры является одним из первых этапов разработки виртуальной модели.

Основной особенностью, усложняющей разработку виртуальной модели, является необходимость проработки модели функционирования окружающего пространства включая законы взаимодействия объектов в нем. Таким образом создание интерактивной виртуальной модели является сложным процессом, однако разработка стандартизованных моделей окружения (в том числе применяемых и в компьютерных играх) способны облегчить процесс разработки. Так созданная модель раннее трехмерного окружающего пространства может быть перенесена и на другие модели технических систем [7] Инструментарий среды разработки Unity 3D позволяет разработать виртуальное окружение, в том числе и действующее в рамках определенных законов физики, после чего поместить в это окружение управляемый пользователем объект наделив его функциями интерактивного взаимодействия с окружающим пространством и объектами [8; с. 100–126].

Рассмотрим основные преимущества Unity 3D с точки зрения разработки игр [9]:

Первое преимущество — язык C#. Данный язык высокоуровневый и позволяет программисту легко войти в разработку игры. Это важный момент, потому что в отличие от других движков, где используется язык C++, в C# есть много элементов и приемов, которые уже реализованы, и программисту нужно только воспользоваться ими.

Второе преимущество — кроссплатформенность, т.е. один и тот же код, написанный на движке Unity, с минимальными изменениями может быть перенесен на различные платформы (PC, Mac, Android, iOS, Web, игровые консоли). Это огромный плюс, который сокращает время на разработку игры в несколько раз.

Третье преимущество — хорошее Community. Это означает, что у различных функций движка есть четкое описание с примерами на сайте разработчика, обратиться к которому можно в любой момент.

И четвертым преимуществом является Asset Store, где имеется огромное количество различных плагинов и ресурсов для создания игры. Разумеется, какие-то из них бесплатные, какие-то платные, но все они собраны в одном месте с удобным поиском и возможностью загрузить, интегрировать и получить сразу рабочий функционал.



Рис. 1. Иерархическая структура технической системы

Следует отметить, что поскольку у процесса виртуального моделирования множество точек пересечения с процессором разработки современных компьютерных игр, то указанные преимущества справедливы и для задач, рассматриваемых в данной статье.

Заключение. Виртуальное моделирование технических систем с помощью средств разработки компьютерных игр является перспективной задачей. Применение широко известных инструментов разработки, и привлечение сообщества программистов может дать существенный толчок к развитию данного направления.

Литература:

1. Лисиенко, В.Г. Моделирование сложных вероятностных систем: учеб. пособие./В.Г. Лисиенко, О.Г. Трофимова, С.П. Трофимов, и др. Екатеринбург: УРФУ, — 2011. — 200 с.
2. Радченко, С.А. Моделирование поведения технических систем на графах
3. /С., А. Радченко // Известия Южного федерального университета. Технические науки. — 2008. — № 1. — с. 28–29.
4. Майер, Р.В. О компьютерном моделировании технических систем в среде Free Pascal/Р.В. Майер // Перспективы науки и образования — 2014. — № 1. — с. 88–84.
5. Кудрявцев, Е.М. Обоснование применения системы автоматически регулируемого освещения на базе светодиодов при производстве землеройно-транспортных работ [Текст]/Е.М. Кудрявцев, Р.С. Ульянов, И.А. Шиколенко // Технические науки: традиции и инновации: материалы II междунар. науч. конф. (г. Челябинск, октябрь 2013 г.). — Челябинск: Два комсомольца, 2013. — с. 62–67.
6. Кудрявцев, Е.М. Применения системы освещения на базе автоматически управляемых светодиодов при производстве строительно-транспортных работ [Текст]/Е.М. Кудрявцев, Р.С. Ульянов, И.А. Шиколенко // Молодой ученый. — 2013. — № 10. — с. 149–156.
7. Стоволосов, Е.В. Моделирование передвижения «лунохода-1» по поверхности луны
8. /Столосов, Е.В., Быстров А.Ю. // ИНТЕРЭКСПО ГЕО-СИБИРЬ — 2013. — № 1. — с. 54–58.
9. Ромин, Е. Создание трехмерной модели местности в Unity 3D [Электронный ресурс]/Е. Ромин, Н. Галкин // URL: http://brainy.pro/ru/blog-ru/51-terrain_editor_ru (дата обращения 29.05.2015)
10. Goldstone, W. Unity Game Development Essentials./W Goldstone. Birmingham: Packt Publishing Ltd., — 2009. — 316 с.
11. Портал habrahabr.ru. 4 преимущества Unity3D, а также полезный инструмент для ускорения процесса разработки приложений // URL: <http://habrahabr.ru/company/ximad/blog/252525/> (дата обращения 29.05.2015)

Имитация дневного освещения для автоматизированных систем настенного озеленения помещений

Ульянов Роман Сергеевич, аспирант;
Романова Елена Сергеевна, ассистент;
Контонистова Светлана Леонидовна, учебный мастер
Московский государственный строительный университет

В статье предложена концепция озеленения помещений с помощью автоматизированной системы размещаемой в биологических коробах на стенах помещения. При функционировании указанной системы остро встает вопрос инфраструктурного обеспечения процесса жизнедеятельности растений. Ключевым вопросом данной статьи является вопрос обеспечения условий освещения частично имитирующих естественное, предлагается концепция обеспечения соответствующего освещения и анализ перспектив ее применения.

Ключевые слова: озеленение помещений, биокороба, квази-естественное освещение, СИД, автоматика.

Введение. Современный городской житель большую часть суток проводит в закрытых помещениях [1]. Условия микроклимата, химического состава воздуха, освещения, электромагнитного поля и д. р., не соответствуют выработанным в ходе эволюции естественным эталонам. Особенно остро данная проблема стоит в помещениях не имеющих прямого доступа к естественной окружающей среде. Тем не менее экономические условия определяют необходимость все большей и большей денатурализации среды обитания человека. Искусственные освещение, вентиляция и кондиционирование воздуха, зачастую преследуют своей целью соблюдение нормативов направленных на обеспечение безопасной жизнедеятельности. Однако наряду в виду ухудшающейся экологической обстановки и все большего антропогенного воздействия человека на окружающую среду, помимо безопасности важным фактором становится качество окружающей среды человека. Данный пример наглядно демонстрируется в области освещения, где даже его частичная денатурализация способна оказать негативное воздействие на организм человека и как следствие производительность труда [2]. Коллективом кафедры электротехники и электропривода МГСУ проводятся исследования в области повышения уровня идентичности искусственной окружающей среды естественным эталонам [3]. В ходе исследования было принято решение о целесообразности дополнения рассмотренных ранее систем вентиляции, освещения и микроклимата, системами озеленения, имитирующими окружающую человека в естественной среде растительность и оказывающих соответствующее фитобиологическое воздействие.

Автоматизированная система настенного озеленения помещений. В настоящее время существуют различные схемы озеленения помещений, это могут быть традиционные способы посадки комнатных растений в горшках размещенных на различных поверхностях помещений (пол, полки, подоконники), существуют системы вертикального озеленения, а также горизонтально расположенные «зеленые зоны» помещений. Одним из недостатков традици-

онных и современных неавтоматизированных схем озеленения помещений является высокая степень зависимости параметров жизнедеятельности растения от качества проведения соответствующих работ по уходу, эксплуатирующей организацией. Зачастую в целях экономии средств, наблюдение и обеспечение жизнедеятельности растений возлагается на сотрудников фирмы непосредственно несвязанных с эксплуатационной деятельностью (служащих, специалистов), ввиду отсутствия необходимой подготовки и отсутствия должностных инструкций на данный процесс, зачастую указанные сотрудники не в состоянии обеспечить квалифицированный уход за растительными объектами, тем самым качество процесса жизнедеятельности растений заметно снижается. Таким образом, становится очевидными 2 пути решения указанной проблемы, а именно квалифицированное обслуживание сотрудниками службы эксплуатации, или применение систем автоматизированного контроля и управления жизнедеятельности растений, направленное на снижение негативного влияния «человеческого фактора» Одной из возможных схем озеленения помещений является автоматизированная система настенного озеленения помещений, концептуальная схема данной системы представлена на рисунке 1.

Из указанной на рисунке 1 схемы видно, что система подразумевает контроль за всеми основными параметрами, обеспечивающими рост растений. Производится контроль параметров почвы, по результатам которого определяется необходимость дополнительного орошения. Проводится мониторинг параметров воздушной среды, также влияющий на запуск тех или иных процедур автоматизированной системы контроля параметров растений. Также присутствует система управления подсветкой и механизмы обрезки растений в случае излишнего разрастания биомассы. Ввиду того что в качестве биоматериала предпочтительно выбирать растения, легко поддающиеся обработке автоматизированными средствами (вероятно пряморастущие травянистые растения), предположительно биологический эффект от такого наполнителя будет меньше чем от рекомендованных для улучшения окружаю-

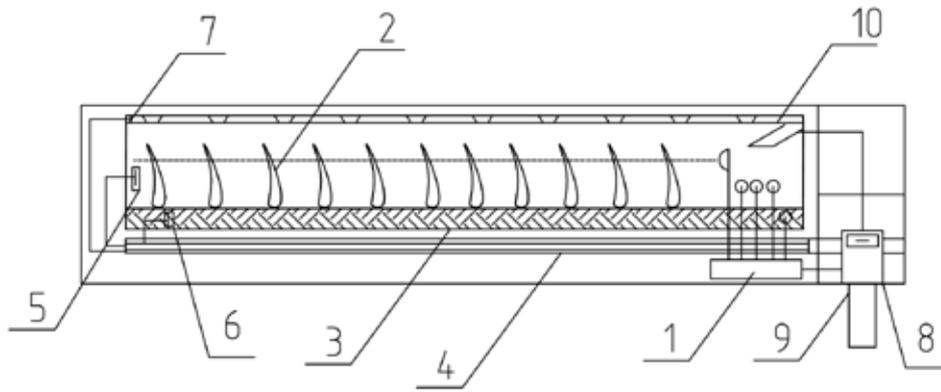


Рис. 1. Интеграция датчика движения в систему освещения. Где: 1 — блок датчиков контроля почвы, окружающей среды, роста растений; 2 — растения; 3 — почва; 4 — блок инженерных коммуникаций систем орошения, микроклимата, освещения; 5 — оборудование системы микроклимата; 6 — система орошения; 7 — светодиодная подсветка растений; 8 — блок контроля и управления системой; 9 — инженерные коммуникации; 10 — система контроля роста растений.

шего пространства помещения растений [4]. По этой причине данная система, в автоматическом режиме должна обеспечить баланс между максимально возможным фитобиологическим воздействием растений и созданием условий для оптимального функционирования и обслуживания растений.

Выбор системы освещения для автоматизированной системы настенного озеленения помещений. В данной статье наибольший акцент будет сделан на выборе системы подсветки растений обеспечивающей оптимальные условия для произрастания растений. Поскольку при нормировании освещенности помещений основным условием является обеспечение оптимальных условий зрительного восприятия, то существует значительная вероятность, того что растения, функционирующие в указанных выше биокоробах, будут находиться в условиях не обеспечивающих

их оптимальную жизнедеятельность. С большой долей вероятности доля естественного освещения, полученного растениями будет существенно меньше, чем при условиях произрастания в естественной среде, как показали проведенные ранее исследования растения выращенные без искусственного освещения существенно уступают в развитии растениям растущим при естественном освещении [5]. С другой стороны применение качественно подобранной системы автоматического светодиодного освещения может минимизировать негативные эффекты, вызванные недостаточным количеством естественного освещения [6].

Сравним традиционные источники искусственного освещения (рисунок 2) и естественного дневного освещения (рисунок 3)

Для каждого из представленных источников возможно выделить свои характерные особенности: Лампы нака-



Рис. 2. Спектральные характеристики традиционных источников искусственного освещения

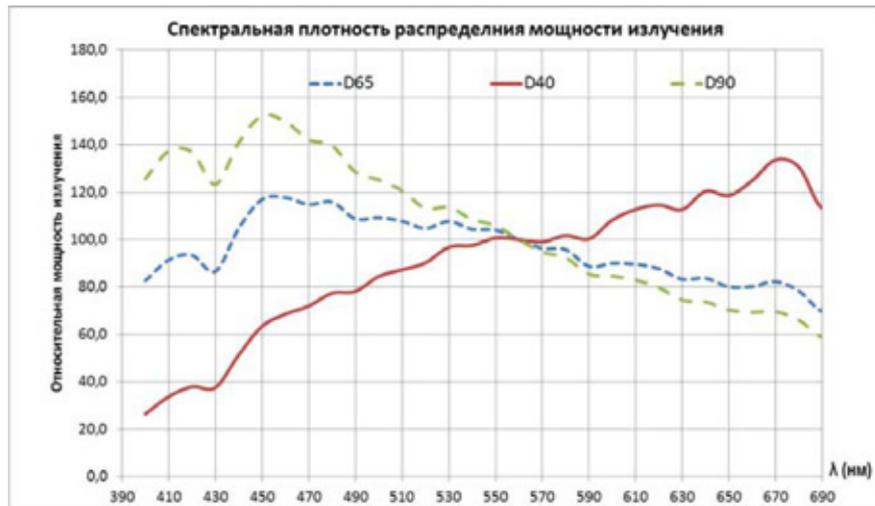


Рис. 3. Спектральные характеристики источников естественного дневного освещения (на базе стандартизованных источников света D)

ливания — смещение в желто-красную область спектра; Люминесцентные лампы — пилообразная характеристика; Холодный белый СИД — смещение в синюю область спектра.

При сравнении характеристик на указанных выше рисунках, невооруженным глазом видно, что искусственное освещение не может обеспечить соответствие естественным талонам, особенно в условиях динамического изменения спектральной характеристики естественного освещения в течении дня.

Одним из возможных способов достижения идентичности искусственного и естественного освещения, явля-

ется применение системы светодиодной подсветки с автоматическим управлением. Функциональная схема автоматического управления данной системы показана на рисунке 4. Данная схема во многом идентична, схеме организации совмещенного освещения помещений в рамках концепции квази-естественного освещения [7]. Ключевым различием указанных схем является наличие дополнительного параметра управляющей программы, связанного с необходимостью регулирования процесса роста биоматериала, с целью недопущения избыточного или недостаточного прироста за счет управления фотобиологическими процессами растений.

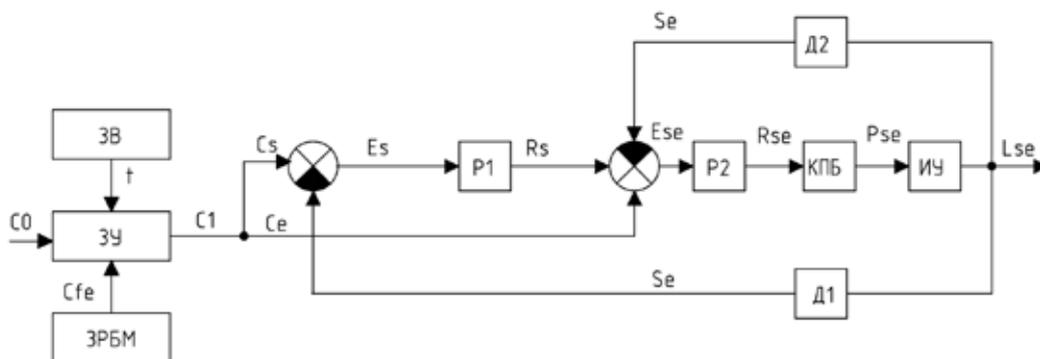


Рис. 4. Функциональная схема САУ светодиодной подсветкой растений. Где: Устройства: ЗУ — задающее устройство; ЗРБМ — задатчик роста биологической массы; ЗВ — задатчик времени; P1 — регулятор по сигналу спектрального состава (СС); P2 — регулятор мощности излучения; КПБ — контрольно-пусковой блок; ИУ — исполнительное устройство (ИС); Д1 — спектрометр; Д2 — датчик уровня освещенности (УО). Физические величины и сигналы: C0 — входящий сигнал управления (СУ); C1 — исходящий СУ; Cfe — сигнал управления требуемыми качественными и количественными характеристиками освещения. Cs — СУ СС; Се — мощностная составляющая СУ; Es — рассогласование по СС; Eсе — рассогласование по СС и УО; Rs — регулирование по СС; Pсе — электрическая мощность; Lсе — результирующее излучение от ИС; Se — СС итогового излучения; Eе — итоговый УО

Указанная схема управления теоретически может обеспечить широкие возможности по достижению необходимых параметров излучения. При разработке подсветки биокоробов необходимо учесть важный фактор — светодиодная подсветка не должна оказывать существенного влияния на световую среду помещения в целом, не вызывать эффекта дискомфорта блескости или слепящего воздействия.

Заключение. В настоящее время указанные системы настенного озеленения не будут широко востребованы

в быту и народном хозяйстве ввиду высокой технической сложности и существенных экономических затрат. Однако учитывая ухудшающуюся экологическую обстановку и ужесточении требований к условиям труда, данные системы в целом и вопросы разработки их отдельных компонентов (в том числе систем освещения) являются актуальной задачей, с точки зрения превентивного удовлетворения потребностей потребителей в обозримом будущем.

Литература:

1. Казаринова, Н.В. Здоровье дарят комнатные растения./Н.В. Казаринова, К.Г. Ткаченко. — Нева. СПб.: Нева, — 2003. — 128 с.
2. Справочная книга по светотехнике/под ред. Ю. Б. Айзенберга. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Знак, 2006. — С 889–895.
3. Беккер, Ю.Л. Перспективы применения систем управления микроклиматом и искусственным освещением в замкнутых изолированных помещениях./Ю.Л. Беккер, Р.С. Ульянов // Научно-технический вестник Поволжья. — 2014. — № 5. — с. 312–314.
4. Ноженко, В.Ю. О целесообразности использования комнатных растений в учебных и научных лабораториях./В.Ю. Ноженко, Л.Г. Бойко, Г.Г. Юдина // Інженерні та освітні технології в електротехнічних і комп'ютерних системах. — 2013. — № 2. — с. 103–111.
5. Ульянов, Р.С., Завьялов В.А. Апробация принципов концепции системы освещения помещений, на базе светодиодов с автоматическим управлением, в случае отсутствия внешнего воздействия на систему // Теория и практика современной науки [Текст]: материалы X Международной научно-практической конференции, г. Москва, 27–28 июня 2013 г./Науч.-инф. издат. центр «Институт стратегических исследований». — Москва: Изд-во «Спецкнига», 2013. — 4 с. 114–123.
6. Завьялов, В.А. Достижение оптимального прохождения фотобиологических процессов за счет применения освещения на базе автоматически управляемых СИД./В.А. Завьялов, В.А. Величкин, Р.С. Ульянов, и др. // Научно-технический вестник Поволжья. — 2013. — № 6. — с. 270–273.
7. Беккер, Ю.Л. Достижение заданных характеристик совмещенного освещения в помещениях с постоянным пребыванием людей, за счет применения управляемых излучателей на базе СИД/Ю.Л. Беккер, Р.С. Ульянов, И.А. Шиколенко // Научное обозрение — 2015 — № 11 — с. 49–51

Концепция моделирования жизненного цикла создания автоматизированных систем

Ульянов Роман Сергеевич, аспирант;
Романова Елена Сергеевна, ассистент
Московский государственный строительный университет

Прокопьев Сергей Вячеславович, магистрант
Московский финансово-юридический университет

В статье рассмотрена концепция моделирования жизненного цикла создания автоматизированных систем, представлены схемы процесса разработки и архитектура системы. Выбрана перспективная среда разработки и дано заключение о потенциальной востребованности указанного решения.

Ключевые слова: моделирование, жизненный цикл, стадии создания, автоматизированные системы.

Введение. Процесс создания автоматизированных систем (АС) представляет собой совокупность упорядоченных во времени, взаимосвязанных, объединённых

в стадии и этапы работ, выполнение которых необходимо и достаточно для создания АС, соответствующей заданным требованиям [1]. Однако, практическая специфика соз-

дания АС предопределяет некоторую размытость границ между стадиями ее создания, необходимость нарушения последовательности или одновременного выполнения работ некоторых стадий. Проблема моделирования жизненного цикла (МЖЦ) на этапе создания АС наиболее актуальна для крупных и не имеющих аналогов систем, где требуется выделение дополнительных стадий или параллельного и взаимосвязанного проектирования отдельных ее частей.

Коллективом авторов статьи предложена концепция создания информационной системы, позволяющая смоделировать и нивелировать негативные последствия изменения последовательности выполнения работ в рамках жизненного цикла создания АС.

Актуальность работы. На рисунке 1 показан маршрут и объем труда руководителя проекта (РП) и главного инженера проекта (ГИП) при проектировании АС как в соответствии с ГОСТ 34.601–90, так и реальный процесс разработки АС. Для наглядности данного процесса представим его в качестве сетевого графика, представляющий

собой информационно-динамическую модель, в которой отражаются взаимосвязи стадий создания АС, необходимых для достижения конечной цели — снижение временных и трудовых потерь в ходе данного жизненного цикла разработки.

Стадии Р1, Р2, Р3, Р4 проводятся в ручном режиме при максимальной участии проектной группы Стадии Р7, Р8 проводятся с частичным привлечением средств автоматизации. Задачей построения модели жизненного цикла является определения граничных условий возможности автоматизации выше перечисленных стадий и выбор окончательного решения руководителей проекта по созданию АС из наиболее оптимальных порядков предложенных информационной системой модели жизненного цикла.

Концепция МЖЦ автоматизированных систем на этапе разработки. Настоящая концепция МЖЦ создания АС распространяется на системы, используемые в энергетике, транспорте, строительстве и иные технологические системы (ТС), включая их сочетания. Ввиду мно-

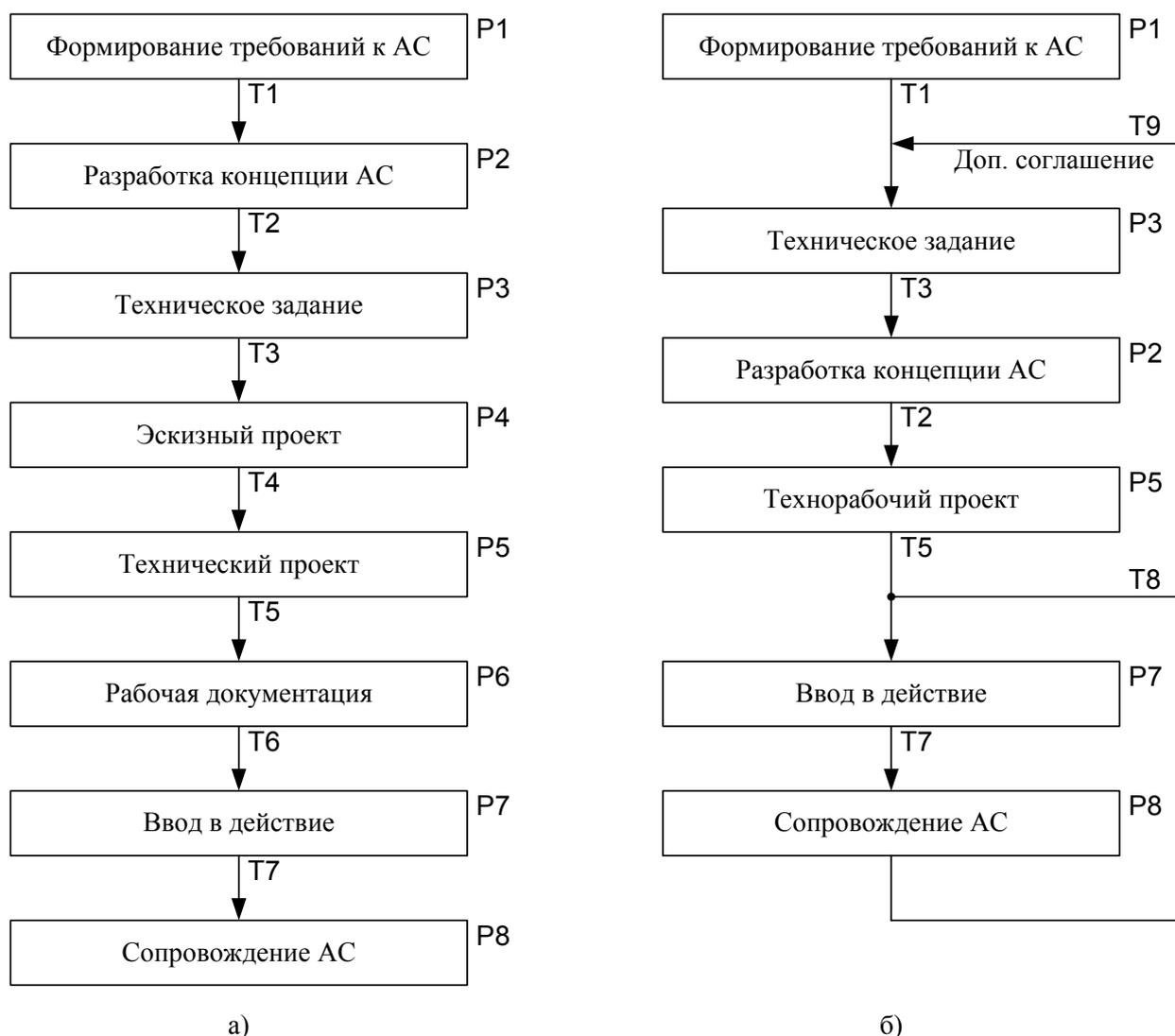


Рис. 1. Процесс создания АС (а — предусмотренный ГОСТ 34.601–90, б — практическая реализация этапов создания)

гоплановости задач, которые стоят перед разрабатываемыми ТС, их создание возможно лишь в том случае, если каждый сотрудник от руководителя до непосредственного исполнителя, включая контрагентов смежных организаций, сможет принимать оптимальные решения на своем рабочем участке в ходе данного процесса [3; с 6–8]. Применение систем и методов автоматизированного анализа и помощи в принятии решений является одним из инструментов направленных на решение подобных задач. Исходя из потребностей конечного потребителя программного продукта (приложения способного моделировать ЖЦ создания АС) состоит из нескольких задач:

1. Анализ предметной области — выявление несоответствия порядку и содержанию этапов создания АС в соответствии с [1] и [2];
2. Логическое и техническое проектирование динамической модели жизненного цикла создания АС;
3. Реализация (физическое проектирование, программирование) модели — включает разработку и настройку программ, наполнение баз данных, создание рабочих инструкций для участников создания АС;
4. Внедрение модели — выполнение и учет работ по созданию АС в соответствии с наиболее рациональным алгоритмом, разработанной моделью.

Конечным результатом выполняемых мероприятий является информационная среда (см. рисунок 2), позволяющая на предварительной стадии определить наиболее оптимальный вариант реализации АС с возможностью последую-

щего оперативного контроля хода реализации работ на всех этапах жизненного цикла. Однако, ввиду того, что практическое реализацией плана нередко отличается от модели в концепции, то должна быть отражена возможность оперативной корректировки и перезапуска процедуры моделирования. Следующим важным аспектом концепции является организация свободного доступа к процессу создания АС каждого из участников процесса (в том числе и сторонних контрагентов к процессам мониторинга и контроля результатов работы МЖЦ). Функции доступа к мониторингу и корректировке плана необходимо ограничить с помощью соответствующей политики прав пользователей системы. При разработке МЖЦ необходимо учесть проблемы характерные для каждой из стадий жизненного цикла корпоративного приложения (функциональной и эффективной) [4]. В процессе разработки концепции целесообразно рассмотреть возможность ее совместного применения с системами информационной поддержки объектов малоэтажного строительства [5]. Вполне вероятно, что моделирование жизненного цикла создания автоматизированных инженерных систем объектов жилищного строительства позволит избежать характерных для отрасли срыва сроков сдачи объектов и неэффективного использования финансовых и материальных ресурсов.

Информационная система МЖЦ АС использует технологию сквозного инженеринга, идея которой заключается в одновременном проектировании отдельных компонентов АС, технологического процесса и непосредственно самой АС с учетом наиболее оптимальной последовательности



Рис. 2. Архитектура информационной системы МЖЦ АС и ее потенциальные пользователи

этапов разработки. Информационная система МЖЦ АС выбора последовательности и вариантов решения определенных технологических и проектных (организационных) задач по функции носит целенаправленный характер и позволит уменьшить пространство допустимых решений при организации проектирования АС [6].

Подходя к технической стороне реализации, ввиду отсутствия необходимости программирования исполнительных устройств, на первый план выходит возможность программирования на языке высокого уровня. Применяемая среда разработки должна иметь возможность разработки и исполнения программного кода на популярных в корпоративной среде операционных системах (ОС) Win-

dows, Linux, иметь возможность создания графических интерфейсов, работы с базами данных, придерживаться принципов объектно-ориентированного программирования, иметь низкий порог вхождения, с точки зрения владения языком программирования. Соответствующие требования удовлетворяет язык программирования C# и его среда разработки для ОС Windows и Linux [7].

Заключение. Моделирование жизненного цикла создания АС открывает широкие перспективы для более четкого планирования, оперативного контроля и управления деятельностью коллектива разработчиков, эффективного взаимодействия с заказчиком и минимизации ресурсных потерь при создании крупных и не имеющих аналогов АС.

Литература:

1. ГОСТ 34.601–90 Автоматизированные системы. Стадии создания
2. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК®) 5-е изд.. Pennsylvania: Project Management Institute, — 2008–463 с.
3. Фуфаев, Д. Э. Разработка и эксплуатация автоматизированных информационных систем: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования/Д. Э. Фуфаев, Э. В. Фуфаев. — 2-е изд., перераб. — М.: Издательский центр «Академия», 2013. — 304 с
4. Волков, А. А. Функциональная модель жизненного цикла корпоративного информационного пространства строительных организаций/А. А. Волков, Д. В. Аникин // ВЕСТНИК МГСУ. — 2013. — № 11. — с. 226–233
5. Волков, А. А. Информационная поддержка жизненного цикла объектов строительства/А. А. Волков, Ю. Г. Лосев, К. Ю. Лосев // ВЕСТНИК МГСУ. — 2012. — № 11. — с. 253–258
6. Мантусов, М. Н., Ривин Г. Л. Оптимизация конструкторско-технологического проектирования авиационных конструкций использованием информационных технологий. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 13, № 4 (2), 2011.
7. Павловская, Т. В. С#. Программирование на языке высокого уровня. Учебник для вузов./Т. В. Павловская. СПб: Питер, — 2009. — 432 с.

Автоматизированная система контроля знаний по математическому моделированию

Шеханов Георгий Вадимович, студент
Московский государственный университет леса

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме промежуточного и текущего контроля знаний и успеваемости студентов в соответствии с Болонским процессом. Основное внимание в работе автор уделяет предложению способов реализации разных видов контроля на основе балльно-рейтинговой системы ЕСТН, в том числе и универсального для всех предметов. Выделяются и описываются характерные особенности применения постреляционных баз данных и технологии пакетной передачи данных InDy в клиент-серверном подходе построения сети. Работа имеет междисциплинарный характер, написана на стыке математического моделирования, программной прикладной автоматизации, сетевых технологий, баз данных и педагогики.

Ключевые слова: Автоматизированный контроль знаний, Болонский процесс, педагогика, балльно-рейтинговая система, постреляционная база данных, клиент-серверный подход, InDy технология.

Учебный процесс состоит из аудиторных занятий, практических занятий и внеаудиторных занятий (самостоятельной работы). В Европе, согласно Болонскому

процессу, зачетными единицами считаются ECTS (англ. European Credit Transfer and Accumulation System — Европейская система перевода и накопления кредитов) [1].

Они начисляются за **всю работу студента**, так называемое «учебное время»: прослушивание лекций, участие в семинарах, подготовка докладов, написание рефератов, курсовых работ и так далее. Согласно учебному плану, для получения степени бакалавра нужно набрать от 180 до 240 ECTS-кредитов, а для магистра добрать недостающие 120 ECTS-кредитов. 1 Кредит — 36 академических часов занятий. [3]

Этот подход позволяет контролировать сложный процесс обучения, так как балльно — рейтинговая система оценивания предполагает полную обеспеченность учебного процесса списком общих и специальных компетенций, которые студент должен освоить по каждой дисциплине [2], в моем случае рассматривается курс математического моделирования.

Собственно, сам контроль знаний бывает текущий, промежуточный и итоговый. Проблематику итогового контроля моя система не решает. Промежуточный контроль знаний осуществляется путём проверки владения компетенциями. В принципе этот подход к контролю универсален и может использоваться для любого предмета. Текущий контроль знаний же в данном случае специфичен и адаптирован под курс математического моделирования (Рис. 1)

Промежуточный контроль по компетенциям осуществляется путем внесения данных по выполнению заданий из учебной программы в базу данных. Я выбрал постреляционную базу данных, так как *постреляционная модель* представления данных является расширенной версией реляционной модели данных [5] и позволяет устранить ограничение неделимости данных, хранящихся в записях таблиц. Именно поэтому хранение данных в постреляционной модели по сравнению с реляционной является более

эффективным. Достоинство постреляционной модели состоит в том, что она дает возможность формирования совокупности связанных реляционных таблиц через одну постреляционную таблицу, что обеспечивает высокую наглядность представления информации и эффективность ее обработки [4].

Из той же базы данных путем запросов можно вызвать карточку учета с перечнем всех выполненных заданий или компетенций и посмотреть успеваемость студента. Так же сам преподаватель может вручную занести информацию о результатах контроля в форму студента, что сохранится в базе данных. (Рис. 2)

Текущий контроль знаний специфичен тем, что студенту и преподавателю для совместной работы, для проверки правильности выполнения задания нужно передавать друг другу информационные файлы с программами, сложными математическими вычислениями, картинками с графиками и простые сообщения. Преподаватель должен видеть у себя на мониторе результаты работы студентов, и должен иметь возможность проконтролировать их работу. В системе предусмотрен режим онлайн, который поддерживает интерактивное проведение занятий и режим офлайн, когда студент при выполнении работы сохраняет результаты, которые записываются в базу данных.

Для онлайн режима существуют системы, позволяющие видеть рабочий стол клиентов. Но эти системы требуют дополнительной адаптации в связи с тем, что требуется следить за всеми студентами. Нам нужно, чтобы преподаватель мог отправить адресно информацию (текстовые сообщения, картинки, документы, слайды презентаций) студентам и получить соответствующие ответы. В качестве ответов может быть разнообразная инфор-

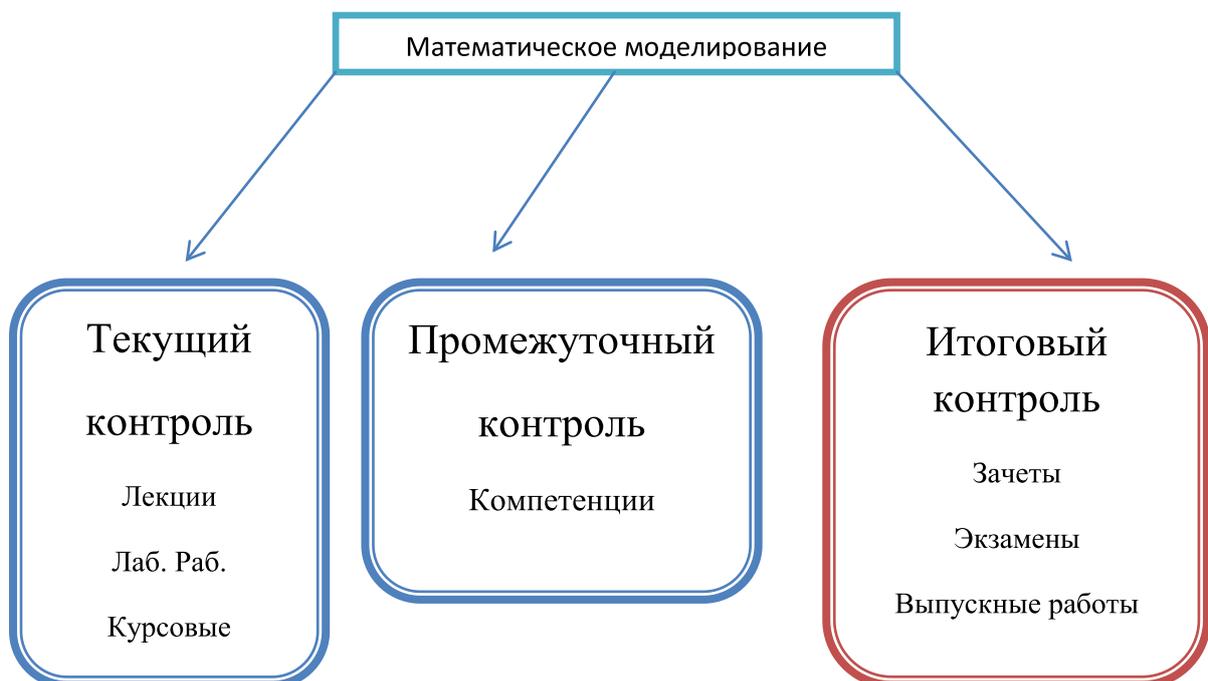


Рис. 1. Виды контроля знаний

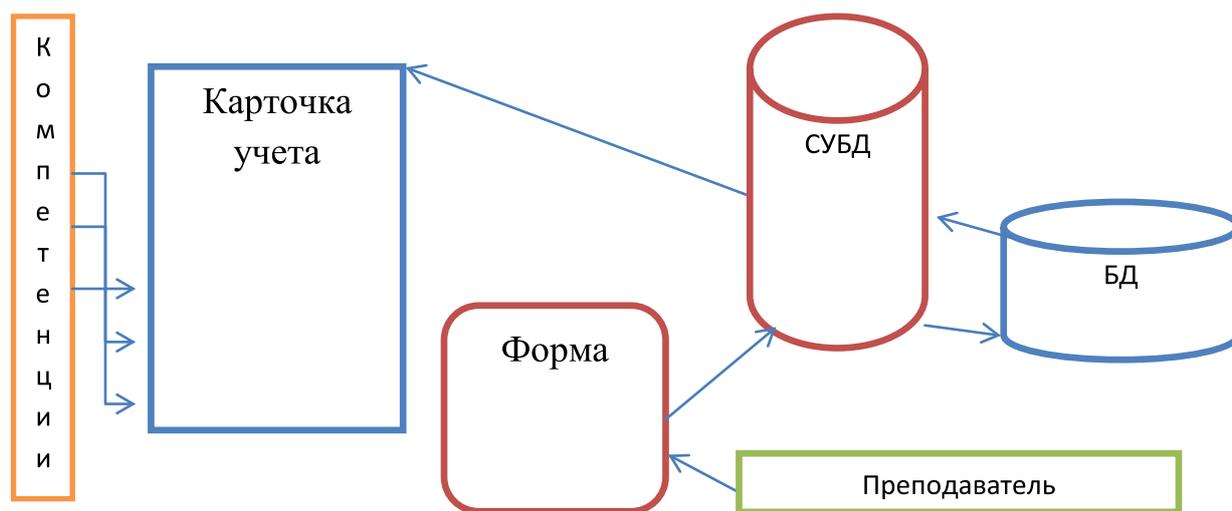


Рис. 2. Промежуточный контроль знаний

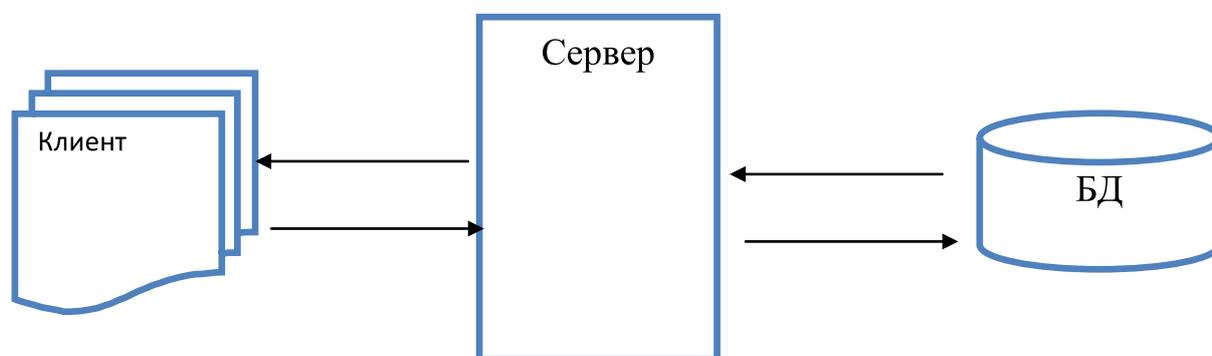


Рис. 3. Архитектура локальной сети

мация: структурная схема системы и график переходного процесса системы управления, файл с математическими расчетами.

В системе интерактивного обмена информацией для обеспечения проведения лабораторных работ решено использовать клиент-серверный подход [6]. Для программирования обмена информацией между компьютерами преподавателя и студента предлагается использовать технологию **InternetDirect (InDu)**. Она позволяет работать с наиболее популярными сетевыми протоколами в среде C++ Builder. Включает в себя более 100 компонентов для работы с серверами и клиентами, популярными протоколами TCP, UDP, SMTP, POP3, NNTP, HTTP и многими другими [7].

Особенность технологии заключается в том, что для каждого клиента в программе запускается свой отдельный процесс (нить), что позволяет независимо друг от друга организовывать обмен данными. Если учитывать, что работа ведется на основе локальной сети, то эта технология наи-

более подходящая, так как она использует пакетный режим для устойчивой связи клиента и сервера [8]. Вся работа студентов сохраняется в базе данных, так что преподаватель сможет проверить правильность ответов в контрольных точках, которые прошел студент. (Рис. 3)

Выводы

Разработана структура построения реляционной БД для ведения промежуточного и текущего контроля по курсу математического моделирования. Для учета работы студентов разработаны формы и карточки учета. Информация в карточки поступает из базы данных, формы позволяют сохранить информацию в базу данных. Применена технология InDu для построения программы обмена данными, позволяя проводить занятия в интерактивном режиме. Данный подход контроля знаний при определенной адаптации может быть использован в проведении занятий по другим курсам.

Литература:

1. <http://www.ehea.info/>

2. Тюгашев, Е. А. — Философия Болонского процесса
3. Кислицын, К. Н. — Болонский процесс как проект для Европы и для России // Электронный журнал «Знание. Понимание. Умение». — 2010. — № 11 — Высшее образование для XXI века.
4. Т. В. Грачева — ADABAS — основа технологий SOFTWARE AG. СУБД N 21995
5. Т. Г. Лаврентьева, И. Г. Шабаев — UNIVERSE — Развитие реляционных стандартов. СУБД N 21995
6. Л. Л. Винокуров, Д. В. Леонтьев, А. Ф. Гершельман — СУБД ADABAS — основа универсального сервера баз данных. СУБД N2, 1997
7. <http://www.indyproject.org/index.en.aspx>
8. Боровской, И. Г. — Технология разработки программных систем: Учебное пособие/ — 2012.

Анализ возможности применения интеллектуальных систем освещения с интегрированными извещателями и оповещателями слаботочных систем автоматики

Шиколенко Илья Андреевич, аспирант;
Контонистова Светлана Леонидовна, учебный мастер;
Романова Елена Сергеевна, ассистент
Московский государственный строительный университет

В статье представлен анализ возможности применения интеллектуальных систем освещения с интегрированными устройствами слаботочных систем безопасности здания, а также оповещателями системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Кроме того, рассмотрен вопрос совместного применения извещатели в различных системах интеллектуальной системы безопасности и управления освещением.

Ключевые слова: охранная сигнализация, система оповещения, адресное освещение, СИД.

Введение. При проектировании инженерной инфраструктуры зданий, большое внимание уделяется прокладке инженерных коммуникаций. Самой многочисленной по объему прокладки, является сетевая инфраструктура. Под ней понимается прокладка любых сетей связи и сигнализации, а именно — Локально вычислительной сети (ЛВС), структурированной кабельной системы (СКС), охранной сигнализации, системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Однако реконструкция зданий и изменение внутренней архитектуры может повлечь за собой изменение сетевой инфраструктуры. Снизить затраты на переоборудование и изменение сетевой архитектуры возможно, применяя беспроводные технологии.

Анализ возможности применения интегрированных систем безопасности в системе интеллектуального освещения. Беспроводные технологии для ЛВС и СКС широко распространены, это всем известные сети Wi-Fi [6] (хотя возможны и иные радиоканалы). Для того чтобы сократить не только количество кабелей связи, но и количество устанавливаемого оборудования, рационально использовать извещатели и оповещатели, интегрированные в систему освещения. Перспективность данного решения обусловлена значительным покрытием площадей зданий и сооружений осветительными приборами, таким образом среднестатистическое количество осветительных приборов в крупном помещении общественного назначения позволит практически полностью разместить требуемую номенклатуру

средств безопасности внутри устройств сети освещения не прибегая к монтажу дополнительных средств слаботочной автоматики зданий и сооружений. Не смотря на то, что в статье рассматриваются вопросы исключительно управления с помощью радио связи. Потенциально перспективным также может быть передача управляющего сигнала по электрической сети.

Рассмотрим в общих чертах возможности по интегрированию комбинированных приборов слаботочных систем автоматики в осветительные приборы. Одним из наиболее очевидных способов применения указанной концепции является интеграция средств пожарных и охранных систем в систему освещения. Наиболее важными охранными извещателями являются инфракрасные, ультразвуковые извещатели (датчики движения) и акустические извещатели (датчики разбития стекла).

Рассмотрим интеграцию инфракрасного охранного извещателя (датчика движения) в систему освещения (Рисунок 1)

Данные источники освещения позволяют не только включать лампу при наличии людей в помещении, тем самым повышая уровень энергосбережения, но и выполняют функции интегрированной охранной системы передавая сигнал о проникновении на пост охраны. Помимо этого лампы могут обеспечивать световое выделение нарушителя в процессе его перемещения. Также возможна интеграция извещателей другого функционального назна-



Рис. 1. Интеграция датчика движения в систему освещения

чения. Например, применение светодиодных ламп с интегрированными акустическими датчиками позволяет определять проникновение в охраняемую зону путем, например, разбития стекла. (Рисунок 2).

Помимо выполнения охранных функций применение комбинированных ламп в рамках данной концепции ламп обеспечивает повышение энергоэффективности, путем порогового регулирования уровня освещения за счет использования фотодатчиков.

Для интегрирования системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре в систему освещения возможно применение светодиодных ламп со встроенными динамиками (Рисунок 3) или иными звуковыми элементами.

Обычно применяется система оповещения I—III типа и может быть как звуковой, так и речевой. Однако, иногда необходимо применение систем оповещения с обратной связью, т. е. IV типа [9]. Такая система может быть реа-



Рис. 2. Интеграция акустического извещателя и фотодатчика в систему освещения



Рис. 3. Интеграция системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре в систему освещения

лизована на комбинации источников освещения с микрофонами и динамиками, что значительно сокращает количество устанавливаемого дополнительного оборудования, а так же снижает стоимость монтажа.

Помимо функций общественной и пожарной безопасности данные системы теоретически могли бы исполнять функции мониторинга за окружающим пространством, например за технологическими процессами или поведением человека или животных в местах их скопления. Функции мониторинга за человеком могли бы быть интегрированы в систему контроля и управления доступом при наличии возможности передачи объектам соответствующей радиометки, позволяющей его идентификацию. Таким образом возможно было бы превентивное управления доступом через контрольное пропускные средства без необходимости приложения идентификационной карты к считывателю.

При создании интеллектуальных систем освещения с интегрированными извещателями и оповещателями особо остро встает вопрос унификации различных средств освещения и безопасности. Коллектив авторов статьи предполагает два направления решения проблемы создание единой концепции комбинированных осветительных приборов [10,11] или разработку общих стандартов по контролю и управлению комбинированными приборами интеллектуальных систем освещения. Также

существует некоторая сложность в определении адреса интегрированных извещателей в интегрированной системе. Эта проблема может быть решена за счет общего внедрения адресных систем освещения [1,2]. Дополнительные возможности по управлению интегрированными интеллектуальными системами освещения могут обеспечиваться применением распределенных сетей инженерных коммуникаций [3–5]

Заключение. Рассмотрев перспективы развития современным интегрированных систем безопасности и освещения можно проследить их направленность на повышение энергоэффективности и безопасности [7,8]. Применение подобных систем, как цокольных, для домашнего использования, так и интегрированных в светильники типа «Армстронг» для применения в административно-офисных зданиях, позволит с одной стороны снизить затраты на монтаж кабелей связи, установку дополнительного оборудования, а также повысить энергоэффективность. С другой стороны внедрение интеллектуальных систем освещения с интегрированными функциями систем безопасности откроет путь к созданию концепции реализации единой системы управления инженерными системами зданий и сооружений, на базе исполнительных устройств, комбинирующих в себе несколько функций.

Литература:

1. Worldsemi. WS2811. Signal line 256 Gray level 3 channel. Constant current LED drive IC./Worldsemi.
2. Болл Стюарт Р. Аналоговые интерфейсы микроконтроллеров./Болл Стюарт Р. Москва: Додэка-XXI, — 2007. — 360 с.
3. Лапин, А.А. Интерфейсы. Выбор и реализация./Лапин, А.А. Москва: Техносфера, — 2005. — 168 с.
4. Беккер, Ю.Л. Анализ и выбор оптимального физического уровня реализации распределенных сетей для системы «умный дом»./Беккер, Ю. Л., Завьялов, В. А., Ульянов, Р. С., и др. // Научное обозрение. — 2015. — № 11. — с. 55–58
5. Вишневецкий, В. MESH-сети: в ожидании стандарта IEEE 802.11s./Вишневецкий, В., Лаконцев, Д, Софонов, А., и др. // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес. — 2008. — № 3. — с. 98–105.
6. Гайлунь, В.В. Концептуальные подходы к организации ИТ инфраструктуры в корпоративной среде./Гайлунь В. В. // Экономика и менеджмент инновационных технологий. — 2013. — № 10 (25).
7. МГСН «Энергосбережение в зданиях»: 138. — 1999.
8. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: 261-ФЗ.
9. СП 3.13130.2009 Системы противопожарной защиты СИСТЕМА ОПОВЕЩЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРЕ Требования пожарной безопасности Systems of fire protection. System of annunciation and management of human evacuation at fire. Requirements of fire safety. — 2009.
10. Ульянов, Р.С. Улучшение качественных и количественных показателей систем освещения, за счет применения автоматически управляемых светодиодов./Р. С Ульянов, И. А Шиколенко, В. А. Завьялов. Москва: МГСУ, — 2013. — с. 765–709.
11. Шиколенко, И. А. Разработка прототипа осветительного устройства для обеспечения квази-естественного освещения./И. А Шиколенко, Р. С Ульянов // Строительство — формирование среды жизнедеятельности: сборник трудов Семнадцатой Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (23–25 апреля 2014 г., Москва). Москва: МГСУ, — 2014.

Холодная правка толстого стального листа на девятироликовой машине фирмы SMS Siemag на металлургическом комплексе стан 5000

Шинкин Владимир Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (г. Москва)

Предложен математический метод определения оптимальных технологических параметров холодной правки стального листа на девятироликовой листопрямительной машине немецкой фирмы SMS Siemag. Результаты исследований могут быть использованы на металлургических заводах по производству широкого толстого стального листа.

Ключевые слова: толстый стальной лист, листопрямительная машина

Металлургический комплекс стан 5000 (МКС 5000). Состав оборудования МКС 5000 немецкой фирмы SMS Siemag (рис. 1): 1) склад слябов; 2) нагревательные печи Fives Stein; 3) гидравлический сбив окалины; 4) прокатная клетка кварто с усилием 12000 т.; 5) 5-ти роликовая листопрямительная машина SMS Siemag предварительной горячей правки листа; 6) устройство ускоренного охлаждения с секциями высокого и низкого давления; 7) 9-ти роликовая листопрямительная машина SMS Siemag горячей правки с усилием 4000 т.; 8) дисковый холодильник и участок замедленного охлаждения листов; 9) 9-ти роликовая листопрямительная машина SMS Siemag холодной правки с усилием 4000 т.; 10) инспекционный стол с кантователем; 11) установка ультразвукового контроля листов; 12) сдвоенные кромкообрезные ножницы и ножницы продольной резки листов; 13) делительные ножницы поперечной резки листов; 14) шлеппер.

Форма нейтральной поверхности стального листа при изгибе, расчет коэффициентов пружинения, остаточных напряжений и критических давлений при различных дефектах и формах формовки листа рассматривались в [1–34].

Девятироликовая машина SMS Siemag для холодной правки стальных листов. Девятироликовая листопрямительная машина фирмы SMS Siemag (рис. 2) предназначена для холодной правки листа шириной 1500÷4850 мм, толщиной 7÷50 мм, длиной до 40 м, с пределом текучести металла до 1000 МПа при температуре листа до 150°. Максимальное усилие правки 4000 т.

Над верхней кассетой роликов установлены четыре цилиндра настройки, которые могут ее поднимать, опускать, наклонять и поворачивать. Нижние входные и выходные правительные ролики снабжены отдельными системами настройки их вертикального положения.

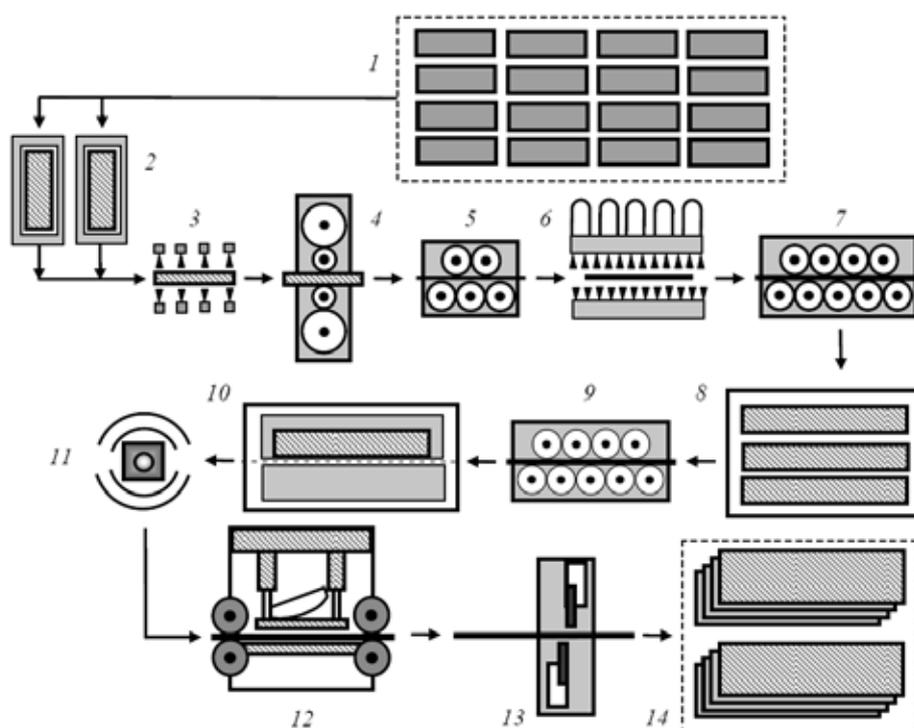


Рис. 1. Состав оборудования и последовательность операций на МКС 5000

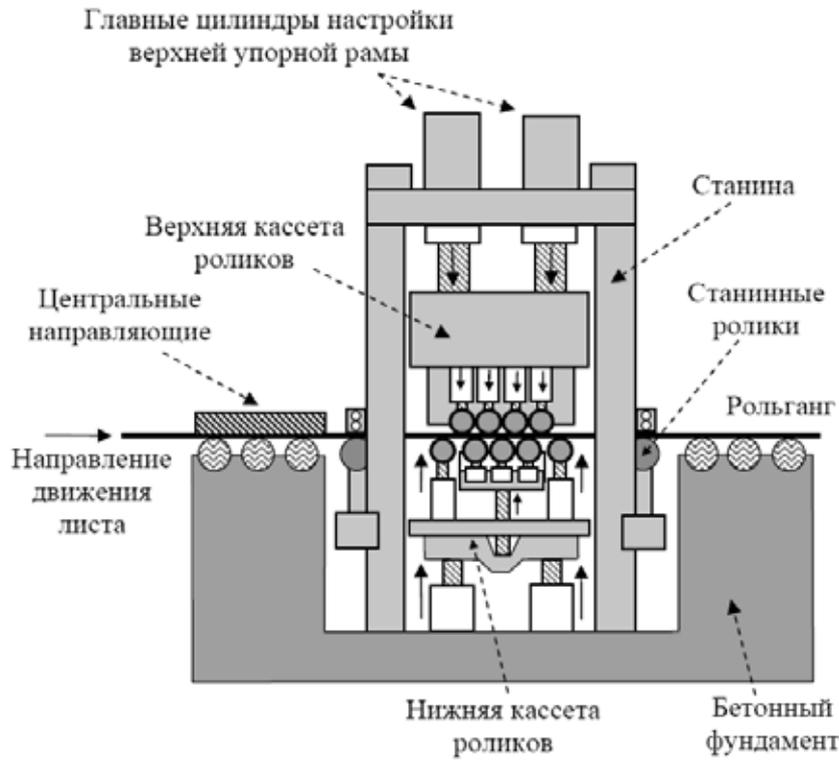


Рис. 2. Девятироликковая листопрямляющая машина SMS Siemag

Правка листа на девятироликковой листопрямляющей машине SMS Siemag. Пусть t — шаг между нижними правильными роликами; H_i — величина обжатия срединной поверхности стального листа на i -ом правильном ролике (для нижних роликов положительным направлением обжатия считается направление вверх, для верхних роликов — вниз), h — толщина стального листа, R — радиус рабочих роликов, $R_0 = R + h/2$; σ_T, E, Π_p и Π_c — предел текучести, модуль Юнга и модули упрочнения стали при растяжении и сжатии; ρ_i и $\varepsilon_i = 1/\rho_i$ — радиусы кривизны и кривизна срединной линии листа в точках касания листа с роликами, φ_i — углы точек касания листа и роликов ($i = 1 \dots 9$) (рис. 3).

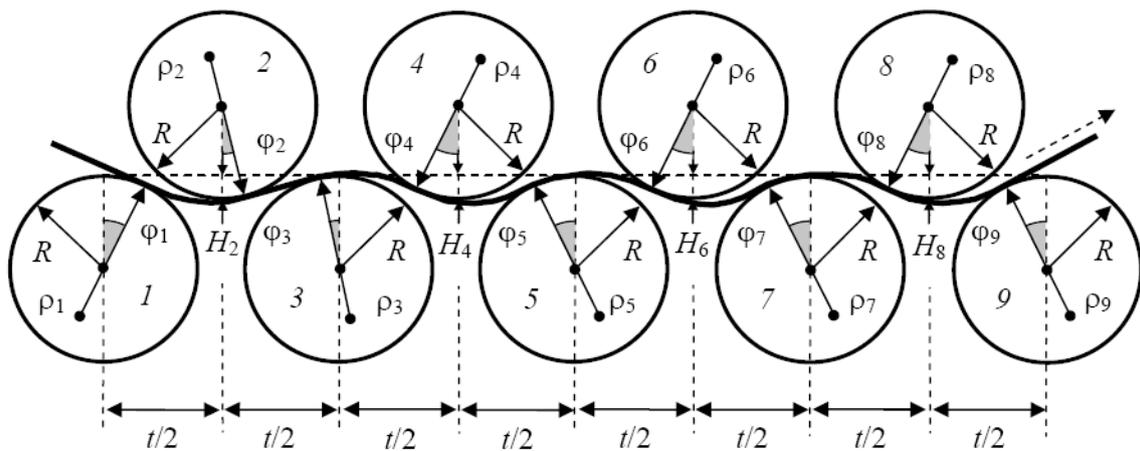


Рис. 3. Правка листа девятью роликами листопрямляющей машины

Далее будем считать, что нижние правильные ролики лежат на одном уровне ($H_1 = H_3 = H_5 = H_7 = H_9 = 0$ м). Коэффициент пружинения нейтральной линии листа при радиусе кривизны ρ равен [1, 2, 4]

$2j$ -ый и $(2j + 1)$ — ый ролики ($j = 2, 3, 4$)

$$\beta(\rho) = \frac{1}{\left(1 - \frac{\Pi_p + \Pi_c}{2E}\right) \left(1 - 2 \frac{\rho\sigma_\tau}{hE}\right)^2 \left(1 + \frac{\rho\sigma_\tau}{hE}\right)},$$

Введем девять локальных декартовых прямоугольных систем координат $y-z$ в точках касания листа с рабочими роликами. Оси z направим по касательной к поверхности роликов слева направо, а оси y – перпендикулярно к оси z в сторону центров соответствующих роликов. Будем аппроксимировать в этих системах координат нейтральную линию листа (между соседними точками касания листа и роликов) с помощью кубических полиномов вида $y(z) = a z^2 - b z^3$ (метод Шинкина [1, 2]). Обозначим a_i и b_i – коэффициенты кубических полиномов в i -ой системе координат. Составим уравнения для коэффициентов кубических полиномов, кривизны и радиусов кривизны нейтральной линии листа в точках касания листа с роликами.

первый и второй ролики

$$z_2 = \left(\frac{t}{2} - R_0 \sin \varphi_1 + R_0 \cos \varphi_2\right) \cos \varphi_1 + [H_2 - R_0(1 - \cos \varphi_1) - R_0(1 - \cos \varphi_2)] \sin \varphi_1,$$

$$y_2 = -\left(\frac{t}{2} - R_0 \sin \varphi_1 + R_0 \cos \varphi_2\right) \sin \varphi_1 + [H_2 - R_0(1 - \cos \varphi_1) - R_0(1 - \cos \varphi_2)] \cos \varphi_1,$$

$$a_1 = \frac{3y_2 + \operatorname{tg}(\varphi_1 + \varphi_2)z_2}{z_2^2}, \quad b_1 = \frac{2y_2 + \operatorname{tg}(\varphi_1 + \varphi_2)z_2}{z_2^3}, \quad \varepsilon_{1,2} = 2a_1,$$

$$\rho_{1,2} = \frac{1}{2a_1}, \quad \varepsilon_{2,1} = \frac{2a_1 - 6b_1z_2}{\left[1 + (2a_1z_2 - 3b_1z_2^2)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_{2,1} = \frac{1}{\varepsilon_{2,1}};$$

второй и третий ролики

$$z_3 = \left(\frac{t}{2} - R_0 \sin \varphi_2 + R_0 \cos \varphi_3\right) \cos \varphi_2 + [H_2 - R_0(1 - \cos \varphi_2) - R_0(1 - \cos \varphi_3)] \sin \varphi_2,$$

$$y_3 = -\left(\frac{t}{2} - R_0 \sin \varphi_2 + R_0 \cos \varphi_3\right) \sin \varphi_2 + [H_2 - R_0(1 - \cos \varphi_2) - R_0(1 - \cos \varphi_3)] \cos \varphi_2,$$

$$a_2 = \frac{3y_3 + \operatorname{tg}(\varphi_2 - \varphi_3)z_3}{z_3^2}, \quad b_2 = \frac{2y_3 + \operatorname{tg}(\varphi_2 - \varphi_3)z_3}{z_3^3}, \quad \varepsilon_{2,3} = 2a_2,$$

$$\rho_2 = \rho_{2,3} = \frac{1}{2a_2}, \quad \varepsilon_{3,2} = \frac{2a_2 - 6b_2z_3}{\left[1 + (2a_2z_3 - 3b_2z_3^2)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_3 = \rho_{3,2} = \frac{1}{\varepsilon_{3,2}};$$

(2j-1)-ый и 2j-ый ролики (j = 2, 3, 4)

$$z_{2j} = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_{2j-1} + R_0 \cos \varphi_{2j}\right) \cos \varphi_{2j-1} - [H_{2j} - R_0(1 - \cos \varphi_{2j-1}) - R_0(1 - \cos \varphi_{2j})] \sin \varphi_{2j-1},$$

$$y_{2j} = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_{2j-1} + R_0 \cos \varphi_{2j}\right) \sin \varphi_{2j-1} + [H_{2j} - R_0(1 - \cos \varphi_{2j-1}) - R_0(1 - \cos \varphi_{2j})] \cos \varphi_{2j-1},$$

$$a_{2j-1} = \frac{3y_{2j} - \operatorname{tg}(\varphi_{2j-1} + \varphi_{2j})z_{2j}}{z_{2j}^2}, \quad b_{2j-1} = \frac{2y_{2j} - \operatorname{tg}(\varphi_{2j-1} + \varphi_{2j})z_{2j}}{z_{2j}^3}, \quad \varepsilon_{2j-1,2j} = 2a_{2j-1},$$

$$\rho_{2j-1,2j} = \frac{1}{2a_{2j-1}}, \quad \varepsilon_{2j,2j-1} = \frac{2a_{2j-1} - 6b_{2j-1}z_{2j}}{\left[1 + (2a_{2j-1}z_{2j} - 3b_{2j-1}z_{2j}^2)^2\right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_{2j,2j-1} = \frac{1}{\varepsilon_{2j,2j-1}};$$

2j-ый и (2j+1)-ый ролики (j = 2, 3, 4)

$$z_{2j+1} = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_{2j} + R_0 \cos \varphi_{2j+1}\right) \cos \varphi_{2j} - [H_{2j} - R_0(1 - \cos \varphi_{2j}) - R_0(1 - \cos \varphi_{2j+1})] \sin \varphi_{2j},$$

$$y_{2j+1} = \left(\frac{t}{2} + R_0 \sin \varphi_{2j} + R_0 \cos \varphi_{2j+1} \right) \sin \varphi_{2j} + [H_{2j} - R_0(1 - \cos \varphi_{2j}) - R_0(1 - \cos \varphi_{2j+1})] \cos \varphi_{2j},$$

$$a_{2j} = \frac{3y_{2j+1} - \operatorname{tg}(\varphi_{2j} + \varphi_{2j+1})z_{2j+1}}{z_{2j+1}^2}, \quad b_{2j} = \frac{2y_{2j+1} - \operatorname{tg}(\varphi_{2j} + \varphi_{2j+1})z_{2j+1}}{z_{2j+1}^3}, \quad \varepsilon_{2j,2j+1} = 2a_{2j},$$

$$\rho_{2j} = \rho_{2j,2j+1} = \frac{1}{2a_{2j}}, \quad \varepsilon_{2j+1,2j} = \frac{2a_{2j} - 6b_{2j}z_{2j+1}}{\left[1 + (2a_{2j}z_{2j+1} - 3b_{2j}z_{2j+1}^2)^2 \right]^{\frac{3}{2}}}, \quad \rho_{2j+1} = \rho_{2j+1,2j} = \frac{1}{\varepsilon_{2j+1,2j}}.$$

Граничные условия задачи имеют вид

$$\rho_{1,2} = \rho_1, \quad \rho_{2,1} = -\rho_{2,3}, \quad \rho_{3,2} = -\rho_{3,4}, \quad \rho_{4,3} = -\rho_{4,5}, \quad \rho_{5,4} = -\rho_{5,6},$$

$$\rho_{6,5} = -\rho_{6,7}, \quad \rho_{7,6} = -\rho_{7,8}, \quad \rho_{8,7} = -\rho_{8,9}, \quad \rho_{9,8} = \beta(\rho_{8,9})\rho_{8,9}.$$

Результаты расчетов. Решая систему уравнений при $t = 0,34$ м, $R = 0,160$ м, $h = 0,019$ м, $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па, $\sigma_T = 500 \cdot 10^6$ Па, $H_1 = H_3 = H_5 = H_7 = H_9 = 0$ м, $H_2 = 0,012$ м, $H_4 = 0,006$ м, $H_6 = 0,003$ м, $H_8 = 0,0015$ м и $\rho_1 = -1$ м, получаем $\rho_2 = 0,490$ м, $\rho_3 = -0,560$ м, $\rho_4 = 0,772$ м, $\rho_5 = -1,052$ м, $\rho_6 = 1,512$ м, $\rho_7 = -2,148$ м, $\rho_8 = 3,680$ м, $\rho_9 = 2503$ м, $\varphi_1 = 4,23^\circ$, $\varphi_2 = 0,62^\circ$, $\varphi_3 = 1,80^\circ$, $\varphi_4 = 0,61^\circ$, $\varphi_5 = 1,04^\circ$, $\varphi_6 = 0,38^\circ$, $\varphi_7 = 0,57^\circ$, $\varphi_8 = 0,37^\circ$, $\varphi_9 = 0,94^\circ$, $\varepsilon_1 = -1$, $\varepsilon_2 = 2,040$, $\varepsilon_3 = -1,785$, $\varepsilon_4 = 1,295$, $\varepsilon_5 = -0,951$, $\varepsilon_6 = 0,662$, $\varepsilon_7 = -0,466$, $\varepsilon_8 = 0,272$, $\varepsilon_9 = 0,0004$ (рис. 4).

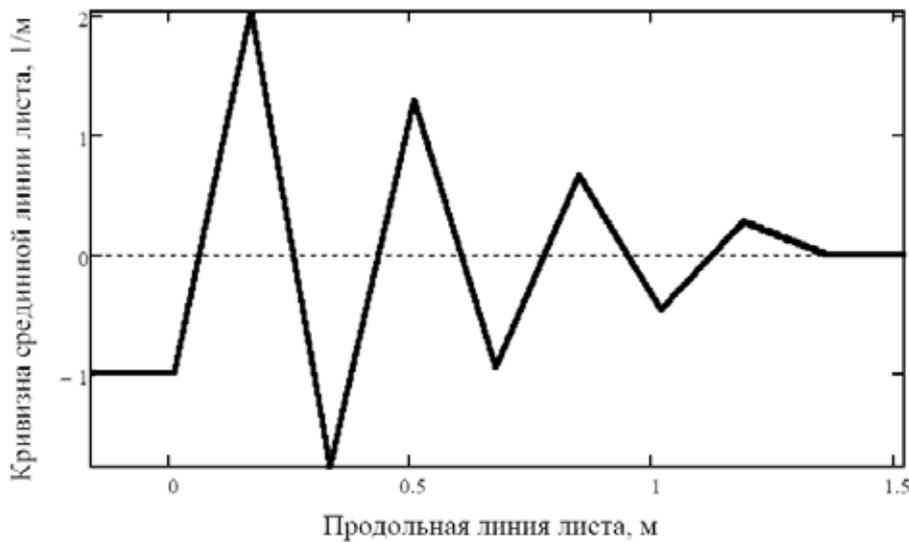


Рис. 4. Кривизна листа между девятью роликами листопрямляющей машины

На первых четырех рабочих роликах доля пластической деформации по толщине листа должна составлять от 67% до 80%. На трех последних роликах обжатия стального листа подбираются так, чтобы свести кривизну стального листа на последнем 9-ом ролике практически к нулю.

Производство труб большого диаметра из широкого толстого стального листа. Для обеспечения высоких требований к эксплуатации магистральных трубопроводов в практике трубного производства утвердился процесс формовки трубной заготовки из стального листа по схеме JCOE, разработанный немецкой фирмой SMS Meer [1-33]. Перед формовкой стальной лист правят на многороликовых листопрямляющих машинах [31-33]. Дефект образования гофра продольной кромки стального листа на кромкогибочном прессе SMS Meer изучался в работах [1, 2, 8-20], вредное влияние остаточных напряжений в стенке стального листа после трубоформовочного пресса SMS Meer на процесс экспандирования трубы — в [1, 2, 21, 22], дефект «точка перегиба» при изгибе стального листа на трубоформовочном прессе SMS Meer — в [1, 2, 23], дефект несплавления сварного продольного шва при сборке трубы — в [1, 2, 29], дефект стального листа раскатной пригар с риской — в [1, 2, 30], процессы прокатки стального листа для производства труб — в [35-44].

Литература:

1. Шинкин, В. Н. Механика сплошных сред для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2014. — 628 с.
2. Шинкин, В. Н. Сопротивление материалов для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2013. — 655 с.
3. Шинкин, В. Н. Теоретическая механика для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2012. — 679 с.
4. Шинкин, В. Н. Сопротивление материалов. Простые и сложные виды деформаций в металлургии. — М: Изд. Дом МИСиС, 2008. — 307 с.
5. Шинкин, В. Н. Математическая модель правки стальной полосы на пятироликовой листопрямительной машине фирмы Fagor Agrasate // Молодой ученый. 2015. № 8 (88). с. 344–349.
6. Шинкин, В. Н. Правка толстой стальной полосы на одиннадцатироликовой листопрямительной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Agrasate // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 359–365.
7. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров правки тонкой стальной полосы на пятнадцатироликовой листопрямительной машине фирмы Fagor Agrasate // Молодой ученый. 2015. № 10 (90).
8. Шинкин, В. Н., Уандыкова С. К. Гибка стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе при производстве труб большого диаметра // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2009. № 16. с. 110–112.
9. Шинкин, В. Н. Гофр продольной кромки листа при его формовке на кромкогибочном прессе // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2009. Вып. 6. с. 171–174.
10. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процесса пластического формоизменения листовой заготовки для производства труб большого диаметра // Обработка металлов давлением, 2011. № 3 (28). с. 7–11.
11. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Формовка листовой заготовки в кромкогибочном прессе и условие возникновения гофра при производстве труб магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 4. с. 14–22.
12. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Упругопластическое изменение металла на кромкогибочном прессе при формовке труб большого диаметра // Сталь. 2011. № 6. с. 53–56.
13. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Elastoplastic shaping of metal in an edge-ending press in the manufacture of large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 6. P. 528–531.
14. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Модель пластического формоизменения кромок листовой заготовки при производстве труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Известия вузов. Черная металлургия. 2011. № 9. с. 45–49.
15. Шинкин, В. Н. Математическое моделирование процессов производства труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. № 4 (62). Вып. 4. с. 69–74.
16. Шинкин, В. Н., Коликов А. П., Барыков А. М. Технологические расчеты процессов производства труб большого диаметра по технологии SMS Meer // Металлург. 2011. № 11. с. 77–81.
17. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Engineering calculations for processes involved in the production of large-diameter pipes by the SMS Meer technology // Metallurgist. 2012. Vol. 55. Nos. 11–12. P. 833–840.
18. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процесса формовки заготовки для труб большого диаметра // Сталь. 2011. № 1. с. 54–58.
19. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Simulation of the shaping of blanks for large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 1. P. 61–66.
20. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Расчет формы трубной заготовки при гибке на кромкогибочном и трубоформовочном прессах фирмы SMS Meer при производстве труб большого диаметра по схеме JCOE // Производство проката. 2014. № 12. с. 13–20.
21. Шинкин, В. Н., Коликов А. П., Мокроусов В. И. Расчет максимальных напряжений в стенке трубы при экспандировании с учетом остаточных напряжений заготовки после трубоформовочного пресса SMS Meer // Производство проката. 2012. № 7. с. 25–29.
22. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процессов экспандирования и гидротестирования труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 10. с. 12–19.
23. Шинкин, В. Н. Критерий перегиба в обратную сторону свободной части листовой заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer при производстве труб большого диаметра // Производство проката. 2012. № 9. с. 21–26.
24. Шинкин, В. Н. Гибка стального листа на трубоформовочном прессе при производстве труб большого диаметра // Сталь. 2015. № 4. с. 38–42.
25. Шинкин, В. Н. Производство труб большого диаметра по схеме JCOE фирмы SMS Meer для магистральных трубопроводов // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 3 (74). Часть 1. с. 64–67.

26. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров кромкогибочного прессы фирмы SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 4 (75).
27. Шинкин, В. Н. Математический критерий возникновения гофра при формовке стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессы SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5 (76).
28. Шинкин, В. Н. Расчет усилий трубоформовочного прессы SMS Meer при изгибе плоской толстой стальной заготовки при производстве труб большого диаметра // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 6 (77).
29. Шинкин, В. Н., Барыков А. М., Коликов А. П., Мокроусов В. И. Критерий разрушения труб большого диаметра при несплавлении сварного соединения и внутреннем давлении // Производство проката. 2012. № 2. с. 14–16.
30. Шинкин, В. Н., Мокроусов В. И. Критерий разрыва труб газонефтепроводов при дефекте «раскатной пригар с риской» // Производство проката. 2012. № 12. с. 19–24.
31. Шинкин, В. Н., Федотов О. В. Расчет технологических параметров правки горячекатаной рулонной полосы на пятироликовой машине линии Fagor Arrasate // Производство проката. 2013. № 9. с. 43–48.
32. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров правки стального листа на одиннадцатирولیковой листопривильной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2014. № 8. с. 26–34.
33. Шинкин, В. Н. Математическая модель правки тонкого стального листа на пятнадцатирولیковой листопривильной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2015. № 1. с. 42–48.
34. Пермичев, Н. Ф., Барыков А. М., Палева О. А. Управление инновационным потенциалом предприятия. — Нижний Новгород: Изд. ВВАГС, 2008. — 83 с.
35. Скороходов, В. Н., Чернов П. П., Мухин Ю. А., Бельский С. М. Математическая модель процесса свободного уширения при прокатке полос // Сталь. 2001. № 3. с. 38–40.
36. Скороходов, В. Н., Мухин Ю. А., Бельский С. М. Нейтральные углы при прокатке в валках неравных диаметров, вращающихся с одинаковой угловой скоростью // Производство проката. 2006. № 5. с. 2–6.
37. Скороходов, В. Н., Мухин Ю. А., Бельский С. М. Контактное давление при тонколистовой прокатке в валках неравных диаметров, вращающихся с одинаковой угловой скоростью // Производство проката. 2007. № 2. с. 15–20.
38. Мухин, Ю. А., Бельский С. М. О допустимости одного упрощения при анализе процесса несимметричной тонколистовой прокатки // Производство проката. 2007. № 7. с. 11–13.
39. Скороходов, В. Н., Мухин Ю. А., Бельский С. М. Энергетический баланс и величина нейтральных углов при прокатке в валках неравных диаметров // Производство проката. 2007. № 9. с. 15–18.
40. Бельский, С. М., Мухин Ю. А., Нейтральные углы и контактное давление при тонколистовой прокатке со скоростной асимметрией // Производство проката. 2007. № 11. с. 13–17.
41. Скороходов, В. Н., Мухин Ю. А., Бельский С. М., Мазур С. И. Особенности профилировок рабочих валков для клетей с осевой сдвижкой. Сообщение 1 // Производство проката. 2007. № 12. с. 17–19.
42. Бельский, С. М. Влияние формы эпюры переднего удельного натяжения на распределение давления прокатки и выходных напряжений по ширине полосы // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2008. № 1. с. 43–46.
43. Скороходов, В. Н., Мухин Ю. А., Бельский С. М., Мазур С. И. Особенности профилировок рабочих валков для клетей с осевой сдвижкой. Сообщение 2 // Производство проката. 2008. № 1. с. 21–24.
44. Бельский, С. М. О некоторых эффектах применения осевой сдвижки рабочих валков // Производство проката. 2008. № 7. с. 21–24.

Сравнительный анализ технологий осушки газа при обустройстве газового месторождения Каменномысское-Море

Ширяев Евгений Вячеславович, магистрант;
Научный руководитель Юрецкая Татьяна Владимировна, доцент
Тюменский государственный нефтегазовый университет

Результат данного сравнения технологий осушки газа не является индивидуальным для конкретного месторождения и может быть использован при выборе метода подготовки газа аналогичных месторождений.

Газ на месторождении Каменномысское-Море по составу метановый (сеноманский) (объемная доля метана 98,75% — 99,21%). Согласно результатам анализов состава газа, конденсат в залежи отсутствует, содер-

жание этана некондиционно, гелий в составе газа не обнаружен.

Подготовку газа такого месторождения принципиально можно осуществить следующими способами:

- адсорбционная осушка с последующим охлаждением газа в испарителях станции охлаждения газа;
- гликолевая осушка в сочетании со станцией охлаждения газа;
- низкотемпературная сепарация с турбодетандерным агрегатом.

Сущность **адсорбционной осушки** состоит в избирательном поглощении поверхностью пор твердого адсорбента молекул воды с последующим извлечением их из пор внешними воздействиями (повышением температуры адсорбента или снижением давления среды).

Применение адсорбционной технологии принципиально возможно, так как сеноманский газ практически не содержит тяжёлые углеводороды. Она позволяет наиболее длительно работать без дожимной компрессорной станции.

Вместе с тем, применительно к рассматриваемому месторождению осушка на твёрдых поглотителях характеризуется следующими особенностями:

- требуется дополнительная производственная единица — станция охлаждения газа;
- технология двухагента (ингибитор гидратообразования и адсорбент), для каждого реагента необходимо организовать свою систему поставок, хранения и регенерации;
- по энергопотреблению (печи и компрессоры газа регенерации) она не имеет явного преимущества по сравнению с другими способами (данное положение обосновано ОАО «Институт ЮЖНИИГИПРОГАЗ» на стадии Обоснования инвестиций в обустройство Бованенковского нефтегазоконденсатного месторождения);
- вариант не отвечает задаче комплексного освоения месторождений, т.к. в разработку будут вводиться газоконденсатные залежи, для которых технология адсорбционной осушки, как правило, не применяется.

Адсорбционная осушка по своей сути ориентирована на глубокую степень осушки (точка росы минус 70 °С и ниже), она предпочтительна при высоких давлениях газа, например 10 МПа, а применение её для осушки под требования стандарта СТО Газпром 089–2010 технологически неоправданно.

Гликолевая осушка основана на селективном поглощении (растворении) паров воды жидкими абсорбентами. В настоящее время для адсорбционной осушки применяются, в основном, диэтиленгликоль и триэтиленгликоль. [2] Реже, при осушке впрыском в теплообменники в качестве ингибитора гидратообразования используется этиленгликоль. Ряд производных ди- и триэтиленгликоля или побочные продукты, получаемые при их производстве (этилкарбинол, тетраэтиленгликоль, пропиленгликоль и др.), хотя и обладают высокой гигроскопичностью, широкого применения в качестве осушающих агентов не нашли.

Установки осушки газа с использованием гликолей бывают двух типов: с барботажными аппаратами и с впрыском гликоля в поток газа.

Гликолевая осушка газа получила широкое распространение на сеноманских установках комплексной подготовки газа, она позволяет наиболее длительно работать без дожимной компрессорной станции.

Возможны два способа охлаждения газа на станции охлаждения газа: с использованием парокомпрессионной холодильной машины, строительство которой по капитальным вложениям сопоставимо со строительством установки комплексной подготовки газа, или на базе турбохолодильной техники. В последнем случае потребуется дополнительный перепад давления около 1 МПа. На промысле необходимо будет использовать три реагента: антигидратный (метанол) — в системе сбора, осушитель (диэтиленгликоль или триэтиленгликоль) — на установке комплексной подготовки газа и хладагент — на станции охлаждения газа. Неизбежны и две системы регенерации, т.к. будет иметь место довольно высокое содержание метанола в приходящей с газом водной фазе. [3]

Эффективность гликолевой осушки снижается в случае наличия в пластовом газе конденсирующихся углеводородов, т.к. контакт гликоля с конденсатом приводит к образованию эмульсий и снижению его осушающей способности. Всё это делает технологию гликолевой осушки сильно зависимой от состава пластового газа, прогнозирование которого пока недостаточно точно.

Технология низкотемпературной сепарации получила широкое распространение на объектах добычи газа ОАО «Газпром».

Низкотемпературной сепарацией называют процесс извлечения жидких углеводородов из газов путем однократной конденсации при пониженных температурах с разделением равновесных газовой и жидкой фаз. Снижение температуры газа при его подготовке достигается за счет изохнтальпийного (с использованием эжектора, дросселя) или изоэнтропийного (с использованием турбодетандера) расширения газа, применения аппаратов воздушного охлаждения.

В процессе разработки месторождения, в связи с падением пластового давления, эффективность установки низкотемпературной сепарации с использованием дросселя снижается. Качественная подготовка газа к транспорту и извлечение целевых компонентов сохраняется на приемлемом уровне первые 10–12 лет, и то при условии оптимальных отборов газа. При падении входного давления на сепараторе и поддержании его на прежнем уровне, температура сепарации начнет расти. Для поддержания ее на прежнем уровне необходимо вводить в установку низкотемпературной сепарации дополнительные технологические аппараты

Принцип работы эжектора в случае его применения в установке низкотемпературной сепарации аналогичен работе с дросселем.

Турбодетандерные агрегаты, предназначены для получения холода в установках низкотемпературной сепарации

рации, с применением принципа расширения газа с совершением внешней работы.

Процессы расширения газа в турбинных решетках протекают, с относительно небольшими энергетическими потерями. Это позволяет с помощью турбодетандера получить максимальное количество холода и максимальную величину механической работы (исключая расширение при постоянной температуре газа) с единицы массы его конструкции.

Особенностью схем низкотемпературной сепарации с турбодетандерным агрегатом является включение дополнительного теплообменника, который позволяет охладить газ перед его подачей в низкотемпературный узел, что снизит требуемое значение давления нагнетания на дожимной компрессорной станции и, соответственно, отсрочит её ввод. Несмотря на то, что технология низкотемпературной сепарации требует дополнительного перепада давления для охлаждения газа, она рекомендуется к использованию по следующим причинам:

— технология низкотемпературной сепарации нечувствительна к наличию тяжёлых углеводородов и в этой связи создание установки комплексной подготовки газа на базе технологии низкотемпературной сепарации делает её универсальной по отношению ко всем перспективным месторождениям региона и Крайнего Севера

в целом, включая газоконденсатные. Очевидно, что лучше иметь одну унифицированную технологию, чем несколько, каждая из которых требует своей системы поставки оборудования, реагентов и специально обученного персонала;

— технология низкотемпературной сепарации одноконтурна (используется метанол);

— расположение месторождения в акватории Обской губы позволяет использовать

— холод морской воды для охлаждения газа. Это важное обстоятельство исключает традиционную проблему достижения низких температур летом и позволит реализовать процесс низкотемпературной сепарации на минимальном располагаемом перепаде давлений, т. е. с минимальными затратами на дожимную компрессорную станцию;

— технология низкотемпературной сепарации в рамках одного процесса способна обеспечить все требования к товарному газу по точкам росы (по воде и углеводородам), температуре на выходе (вплоть до достижения режима «сухой трубы»).

— технология низкотемпературной сепарации характеризуется простотой в термодинамическом плане, так как в ней отсутствуют сложные процессы массообмена и результатом этого является простота при эксплуатации установки.

Литература:

1. Жданова, Н. В. Сушка углеводородных газов. / Жданова Н. В., Халиф А. П. — М.: Химия, 1984. — 192 с.
2. Лapidус, А. Л. Газохимия. Часть I. Первичная переработка углеводородных газов. / Лapidус А. Л., Голубева И. А., Жагфаров Ф. Г. — М.: РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. Учебное пособие. 2004. — 242 с.
3. Чуракаев, А. М. Переработка нефтяных. — М.: Недра, 1983. — 279 с.
4. СТО Газпром 089—2010 «Газ горючий природный, поставляемый и транспортируемый по магистральным газопроводам. Технические условия». — М.: ОАО «Газпром», 2010. — 19 с.

Робототехнические комплексы для возведения объектов из мелкоштучных материалов

Шутин Денис Владимирович, инженер-исследователь
Государственный университет — учебно-научно-производственный комплекс (г. Орел)

Малахов Александр Валерьевич, аспирант
Юго-Западный государственный университет (г. Курск)

В настоящее время рост объемов возводимых зданий и сооружений ведет к необходимости привлечения значительного количества рабочей силы для выполнения строительно-монтажных работ, что в свою очередь поднимает проблему обеспеченности квалифицированными кадрами как инженерных, так и рабочих профессий. При этом нередко рабочие имеют недостаточную квалификацию, что приводит к допущению грубых ошибок, нарушению технологии и получению некачественной про-

дукции, а также невыполнению сроков ввода объекта в эксплуатацию. Одним из направлений решения данной проблемы и совершенствования строительного процесса в целом является внедрение автоматизированных и роботизированных комплексов. Данный вектор развития сочетает в себе использование современных технологий в строительной отрасли и области робототехники, т. е. можно говорить о междисциплинарном научном подходе, что актуально в современном обществе, ориентированном

на поиск путей развития не в рамках отдельного сектора производства, а нескольких направлений, как традиционных (строительства, машиностроение, металлургия), так и более современных (робототехника, мехатроника, интеллектуальные системы). Получаемый комплексный подход позволяет эффективно решать целый ряд актуальных вопросов строительной отрасли.

1. Повышение качества продукции. Применение автоматизированных технических комплексов значительно снижает риск совершения ошибки человеком, что позволяет строго соблюдать нормативы и требования к качеству возводимых объектов.

2. Сокращение сроков строительства и приведенных затрат. Автоматизация циклических операций, являющихся одними из основных в процессе возведения объектов из мелкоштучных материалов, позволяет добиться повышения производительности работ, сокращая тем самым временные затраты на возведение объектов. Важным параметром оценки применяемых методов строительства является объем выполненных работ на единицу времени при должном их качестве. Показательным примером здесь является строительство объектов из мелкоштучных материалов. Роботизированные комплексы при выполнении кирпичной кладки могут обеспечить производительность свыше 70 куб. м. за 8-часовую смену [1], в то время как норма выработки бригады каменщиков из 5 человек за такое же время может варьироваться от 6 до 8 куб. м. в зависимости от сложности кладки. Это демонстрирует существенную экономическую выгоду от использования подобных автоматизированных и робототехнических комплексов.

3. Снижение физической нагрузки на человека в производстве. Механизация и автоматизация технологических процессов является существенным фактором, улучшающим условия труда и, как следствие, способствующим повышению его производительности.

Существующее многообразие робототехнических комплексов для возведения объектов из мелкоштучных материалов позволяет выявить некоторые типичные конструктивные и функциональные особенности известных решений и создать таким образом классификацию по ряду признаков. По способу размещения соответствующих комплексов на строительном объекте можно выделить следующие категории.

1. Стационарные комплексы — в общем случае представляют собой каркас, выполняющий функцию направляющих для перемещения исполнительного органа, непосредственно осуществляющего монтаж конструкций [2, 3]. Подобные комплексы обычно функционируют по принципу, сходному с используемым в 3D-печати, когда объект постепенно формируется за счет нанесения новых слоев поверх уже уложенных, постепенно увеличиваясь в высоту. Каркас такого комплекса стационарно устанавливается на месте возведения объекта до начала непосредственного процесса строительства таким образом, чтобы диапазон перемещения исполнительного органа полно-

стью перекрывал площадь возводимого объекта. После окончания монтажа комплекс демонтируется. Такие решения позволяют значительно ускорить процесс строительства объекта по сравнению с неавтоматизированным подходом и получать высокую точность при возведении, поскольку элементы конструкции привязаны к местности при их монтаже и позволяют осуществлять точное позиционирование исполнительных органов. Вместе с тем, стационарные комплексы являются массивными и технически сложными устройствами, подготовка к установке, установка на месте строительства и наладка работы требует значительных трудовых и временных затрат и должна проводиться опытными специалистами, поскольку от качества выполнения этих операций в дальнейшем зависит качество строительно-монтажных работ. Стационарные комплексы чаще всего находят применение при возведении крупных, в первую очередь высотных объектов, которые позволяют полноценно использовать преимущества рассматриваемых систем.

2. Передвижные комплексы — в общем случае представляют собой системы исполнительных органов, непосредственно осуществляющих возведение объекта из мелкоштучных материалов, которые устанавливаются на подвижное шасси. Шасси передвигается вдоль периметра возводимого объекта по грунту, рельсам или иной заранее подготовленной поверхности и осуществляет монтаж конструкций [4–7]. Мобильность таких комплексов неизбежно ставит вопрос о снабжении систем исполнительных органов необходимыми строительными материалами. В известных решениях такое снабжение может осуществляться либо за счет непрерывной централизованной подачи [8], либо за счет периодической загрузки отдельных партий материала обслуживающим персоналом вручную или при помощи иных средств, не входящих в состав робототехнического комплекса [9]. Относительная гибкость передвижных комплексов позволяет значительно снижать время и трудоемкость работ по их разворачиванию на объекте по сравнению со стационарными решениями. Вместе с тем, качество строительно-монтажных работ во многом зависит от подготовки путей передвижения таких комплексов, поскольку они оказывают значительное влияние на точность позиционирования исполнительных органов и, как следствие, на точность монтажа на возводимых объектах. Необходимость использования подготовленных путей также накладывает ряд ограничений на применение передвижных комплексов при возведении высотных объектов, поскольку зона вертикальной досягаемости исполнительных органов передвижных комплексов конструктивно ограничена, а повторяющиеся операции по подготовке путей передвижения с достаточной точностью повышают количество соответствующих трудозатрат пропорционально высоте возводимого объекта, в то время как для стационарных комплексов подобная подготовка проводится одновременно, в фазе их установки. Кроме того, качество работы передвижных комплексов в значительной степени зависит

от функционирования и точности системы позиционирования исполнительных органов, поскольку ввиду перемещения комплекса по строительной площадке требуется постоянная переориентация системы координат на местности и частично к возведенному объекту. Такие особенности делают целесообразными применение передвижных комплексов для возведения достаточно крупных, но не высотных объектов, а также когда предполагается высокая степень автоматизации процесса строительства.

3. Многокомпонентные комплексы — в общем случае представляют собой множество однотипных устройств, действующих на возводимом объекте одновременно и в прямом или опосредованном групповом взаимодействии между собой. Каждое из устройств обладает высокой мобильностью, которая обеспечивается компактными размерами и практически полной автономностью в передвижении по строительной площадке. Идея таких комплексов заимствована из природных биологических систем — обычно, групп насекомых, которые совместно возводят обширные укрытия (термиты, муравьи, осы), как, например, в [10]. Производительность отдельного устройства является достаточно низкой ввиду отсутствия централизованной системы снабжения строительными материалами и энергоресурсами, либо отсутствия возможности обеспечения значительного их запаса в пределах самого устройства из-за малых габаритов. Однако, совместное действие множества таких устройств позволяет суммировать их производительности за счет параллельности функционирования, формируя в результате крайне гибкий комплекс с практически неограниченными возможностями масштабирования производительности. Вместе с тем, подобные системы являются весьма сложными в реализации, поскольку они основаны на сложных системах группового взаимодействия, алгоритмы функционирования которых в настоящий момент являются предметом многочисленных исследований. На настоящий момент отсутствуют готовые решения и опыт практического использования такого рода систем в строительстве.

Анализ имеющихся конструктивных решений в области робототехнических комплексов для возведения объектов из мелкоштучных материалов, позволяет также выделить два базовых подхода к конструкции исполнительных органов, непосредственно осуществляющих укладку строительных материалов, различающихся по типу используемого в них механизма:

— исполнительные механизмы манипуляторного типа — в таких решениях для формирования кладки используется исполнительный орган-манипулятор, функционально приближающийся к руке человека. Основной его чертой является то, что манипулятор захватывает элемент в месте складирования материалов, переносит его к месту укладки, осуществляет точное позиционирование и непосредственно монтаж, предварительно нанося на элемент вяжущее вещество. Такое решение, в зависимости от количества степеней с манипулятора, позволяет получить значительную гибкость и возможность ре-

ализовывать самые сложные типы кладки по аналогии с операциями, осуществляемыми квалифицированными рабочими. Вместе с тем, такие комплексы не позволяют получить значительное преимущество в скорости формирования кладки из мелкоштучных материалов, поскольку при этом выполняются те же операции, что производят рабочие. Основное преимущество таких комплексов заключается в облегчении труда рабочих и снижении требований к их квалификации, поскольку физически и технологически сложные операции осуществляются механизмами;

— специализированные исполнительные механизмы — в таких решениях для формирования кладки используется специально сконструированный механизм, к которому за счет проводительных систем подачи поступают строительные материалы. При этом, в сравнении с манипуляторными механизмами снижается гибкость процесса возведения, что может накладывать определенные ограничения на сложность осуществляемых типов кладки. Вместе с тем, специализированные механизмы позволяют значительно повысить скорость кладки за счет отсутствия необходимости переноса каждого элемента от места складирования к месту монтажа. Это позволяет успешно использовать их на объектах относительно простой конфигурации, но состоящих из значительного объема мелкоштучных материалов, что позволяет значительно ускорить возведение конструкции по сравнению с ручным трудом.

Анализ особенностей существующих решений совместно с требованиями современного строительного процесса позволяет сделать вывод о том, что сфера пересечения строительства и робототехнических технологий обладает значительным потенциалом для новых исследований и разработок, результаты которых могут быть востребованы в первую очередь на российском рынке, на котором наблюдается дефицит как предложения, так и практического применения автоматизированных строительных комплексов, в том числе для возведения объектов из мелкоштучных материалов. Актуальными направлениями развития специальной техники в данном направлении являются повышение степени автоматизации процесса строительства, повышение производительности и расширение функциональных возможностей роботизированных строительных комплексов, что позволит эффективно решать отмеченные ранее задачи. На основании проведенного анализа можно сформировать ряд требований, которые предъявляются к современным робототехническим комплексам для возведения объектов из мелкоштучных материалов, которые могут быть востребованы в современной строительной сфере в России и за рубежом.

1. Комплекс должен быть многофункциональным, т.е. обеспечивать полный цикл работ при устройстве кладки вне зависимости от его конструктивного решения и способа размещения на строительной площадке.

2. Комплекс должен быть универсальным, т.е. его конструкция и функциональные возможности должны позволять эффективно использовать его при возведении объектов различной сложности, высотности, объемности

и т. п. При этом комплекс должен иметь возможность выполнения различных видов кладки: сплошной или колодезной, различной толщины, выполнение эркеров, круглых стен и т. д.

3. Комплекс должен быть гибким и высококомпактным, т. е. иметь возможность быстрого ввода в эксплуатацию при размещении на объекте или перемещении на новые участки работ, а также оперативной перенастройки.

4. Комплекс должен иметь более высокую производительность и обеспечивать меньшее количество ошибок в сравнении с живой рабочей силой при одинаковых объемах производства работ.

5. Комплекс должен быть простым в эксплуатации и обслуживании, что позволит использовать минимальное количество обслуживающего персонала и в свою очередь приведет к снижению затрат и удешевлению строительного производства.

Разработка мобильных робототехнических комплексов для возведения объектов из мелкоштучных материалов, отвечающих таким требованиям, а также проведение исследований, обеспечивающих возможность создания таких комплексов, является важной научной и практической задачей, решение которой лежит в рамках междисциплинарного взаимодействия сфер строительства, машиностроения и информационных технологий.

Литература:

1. Оборудование для автоматизированной кладки кирпичных стен МКСК [Электронный ресурс]. — URL: <http://a-v-a.ru/index.php/real-projects/story/kamen>.
2. Springer Handbook of Automation/Под ред. Shimon Y. Nof, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. — 1888 с.
3. Marc Howe. Robots on the Verge of Invading Construction Sites [Электронный ресурс]. — URL: <https://sourceable.net/>.
4. P. S. Lawrence, P. Nathan, C. T. Charles. Brick Laying System. — Патент США US2015082740 (A1), 2015.
5. B. Dornsiepen. Mobile building-block-laying masonry machine. — Патент Германии DE2406588 (A1), 1975.
6. N. Francois. Robotic Device for Building a Wall from Construction Blocks. — Патент WO2009044002 (A1), 2009.
7. G. Pritschow, M. Dalacker, J. Kurz, J. Zeiher. A Mobile Robot for On-Site Construction of Masonry. — Proceedings of Conference: Intelligent Robots and Systems, т. 3. — с. 1701–1707.
8. M. J. Pivac, M. B. Wood. Automated Brick Laying System for Constructing a Building From a Plurality of Bricks. — Патент США US2009038258 (A1), 2009.
9. J. Dyson. AMPRO BR — Bricklaying Robot [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.jamesdysonaward.org/ru/projects/ampro-br-bricklaying-robot/>.
10. J. Werfel, K. Petersen, R. Nagpal. Designing Collective Behavior in a Termite-Inspired Robot Construction Team // Science, т. 343. — 2014. — № 6172.

Усиления железобетонных балок перекрытия углепластиком

Эрднэбилэг Сайнзаяа, бакалавр

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

В статье рассмотрены такие вопросы, как усиление железобетонных конструкций, расчет усиление балок перекрытия углепластиком, а так же описано направление, связанное с использованием композитных материалов на основе углеродных волокон.

Ключевые слова: композитный материал, углепластика, железобетон, балка, усиление.

Введение

В последнее время российские и зарубежные исследователи уделяют внимание проблеме обеспечения надежности различных строительных конструкций как на стадии их возведения, так и во время эксплуатации.

Железобетонные конструкции занимают лидирующее положение в мировом строительстве и с ростом объемов гражданского и промышленного строительства растут и объемы работ, связанные с восстановлением и усилением этих конструкций. Повышение эффективности ремонтно-восстановительных работ в настоящее время невозможно без совершенствования проектных решений по усилению конструкций, которые бы обеспечили их надежность, долговечность и экономичность.

Во многих странах для усиления железобетонных конструкций применяют композитные материалы на основе высокопрочных углеродных волокон.

Первые крупные проекты — усиление конструкций одной из эстакад третьего транспортного кольца в Москве и железнодорожного моста в г. Домодедово — относятся к 2001 году [10].

Основы проектирования усиления железобетонных конструкций композиционными материалами посвящены работы Хаятина Ю. Г., Чернявского В. Л., Ключев С. В., Курлапова Д. В. [1–5], и др., по проведению экспериментальные исследования как по усилению, так и по их восстановлению строительных конструкций посвящены работы Польского П. П. [4], Шевцова Д. А., Гвоздева А. А. [6] и др., а так же по методики расчета железобетонных конструкций, усиленных композитными материалами Ватин Н. И., Болгов А. Н., Григорьев Я. В., Е. В. Кузнецов В. Д. [7–9] и другие.

Из зарубежных исследователей в направлении усиления железобетонных конструкции углепластиком работали Velarbia A., Acunb B. [11], David E. [12], Ehasni M. R. [13], Grace N. F. [14], Михуб Ахмад [15] и другие.

Выбор типа композиционного материала для усиления определяется условиями эксплуатации и назначением усиливаемой конструкции. Для усиления железобетонных конструкций применяются элементы в виде лент и холстов.

В имеющихся публикациях по усилению железобетонных конструкций композитным материалам используется, упрощенный подход к методу расчета усиления конструкций углеродным волокном. В результате проведенного анализа по расчету усиления, предложено Стандарт организации (СТО) «Усиление железобетонных конструкций композитными материалами», разработанной компанией ООО «Зика» Россия.

Расчетные характеристики углепластика определяются на базе нормативных характеристик с учетом коэффициента надежности γ и коэффициента условия работы C_E , учитывающего влияние окружающей среды [16].

При проектировании усиления железобетонных конструкций с использованием внешнего армирования из углепластика используется метод расчета по предельным состояниям. В предельном состоянии изгибаемого элемента усилия в сжатой зоне воспринимаются бетоном и сжатой стержневой арматурой, а в растянутой — стержневой арматурой и внешней композитной арматурой [17].

Для дальнейшего расчета будет использован предварительно армированная прямоугольная балка сечением $b = 400$ мм, $h = 800$ мм, $a = 50$ мм; $a' = 70$ мм; растянутая и сжатая арматура А400 ($R_s = 355$ МПа); площадь сечения $A_s = 452$ мм² ($4\varnothing 12$); $A'_s = 236$ мм² ($3\varnothing 10$); бетон класса В25 ($R_b = 14,5$ МПа). Действующий изгибающий момент от эксплуатационной нагрузки $M_0 = 170$ кНм.

Требуется проверить прочность сечения и при необходимости запроектировать усиление из углепластика со следующими характеристиками: нормативная прочность $R_f = 3100$ МПа, $E_f = 170000$ МПа, толщина слоя $t_f = 1,2$ мм.

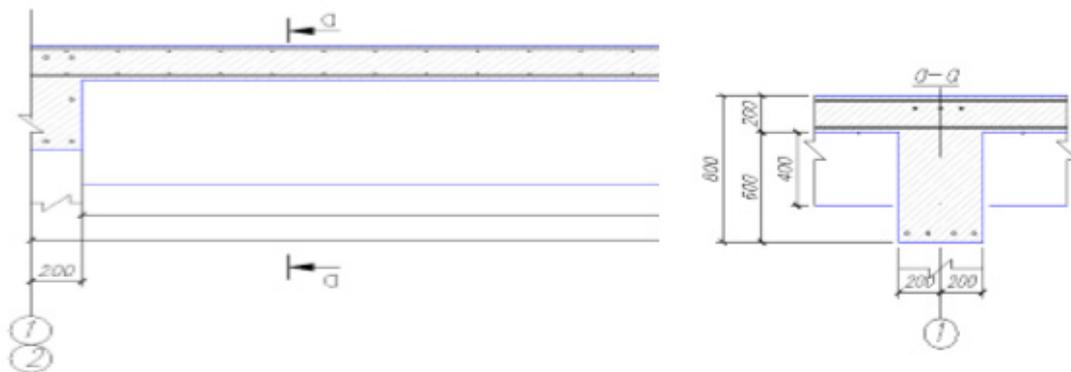


Рис. 1. Балка перекрытия

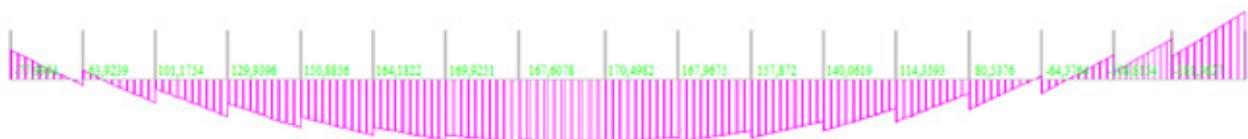


Рис. 2. Эпюра изгибающих моментов в балке

Основные формулы при расчете усиления углепластиком:

1. Для подбора сечения внешнего армирования определяется уровень деформаций в конструкции от действующих нагрузок

$$\varepsilon'_b = -\frac{M_0 \cdot x}{E_b \cdot I_{red}}$$

где, M_0 — начальный максимальный изгибающий момент, x — высота сжатой зоны бетона, E_b — начальный модуль упругости бетона, I_{red} — момент инерции.

2. Расчетная прочность:

$$R_{ft} = \frac{C_E}{\gamma_f} \cdot R_f$$

где, R_f — нормативная прочность углепластики на растяжение, C_E — коэффициент условия работ углепластики, γ_f — коэффициент надежности по материалу.

3. Коэффициента условия работы K_m

$$K_m = \frac{1}{60\varepsilon_{ft}} \left(1 - \frac{n \cdot E_{ft} \cdot t_f}{360000} \right) \leq 0.9 \text{ при } n \cdot E_{ft} \cdot t_f \leq 180000$$

$$K_m = \frac{1}{60\varepsilon_{ft}} \left(\frac{90000}{n \cdot E_{ft} \cdot t_f} \right) \leq 0.9 \text{ при } n \cdot E_{ft} \cdot t_f > 180000$$

4. Напряжение в углепластике

$$\sigma_f = \frac{\varepsilon_{bu1} \cdot E_f}{1 - \frac{\omega}{1.1}} \cdot \left(\frac{\omega}{\xi_f} - 1 \right) - \varepsilon_{bi} \cdot E_f$$

где ε_{bu1} — предельная относительная деформация бетона при непродолжительном действии нагрузки; E_f — расчетное значение модуля упругости углепластика; ω — характеристика сжатой зоны бетона; ξ_f — Относительная высота сжатой зоны.

5. Предельный изгибающий момент

$$M_{ult} = A_f \cdot \sigma_f \cdot (h - 0.5 \cdot x) + A_s \cdot R_s \cdot (h_0 - 0.5x) + A'_s \cdot R_{sc} \cdot (0.5x - a')$$

Для железобетонной балки сечением 400x800 запроектировано усиление из углепластики компании Sika® со следующими характеристиками:

— ширина $b = 300$ мм; толщина $t_f = 1.2$ мм; количество слоя $n = 2$.

Усиление изгибаемых балочных конструкций осуществляется наклейкой ФАП на нижнюю поверхность с направлением волокон вдоль оси усиливаемой конструкции и вертикальных, либо наклонных хомутов в приопорной зоне с направлением волокон перпендикулярно продольной оси.

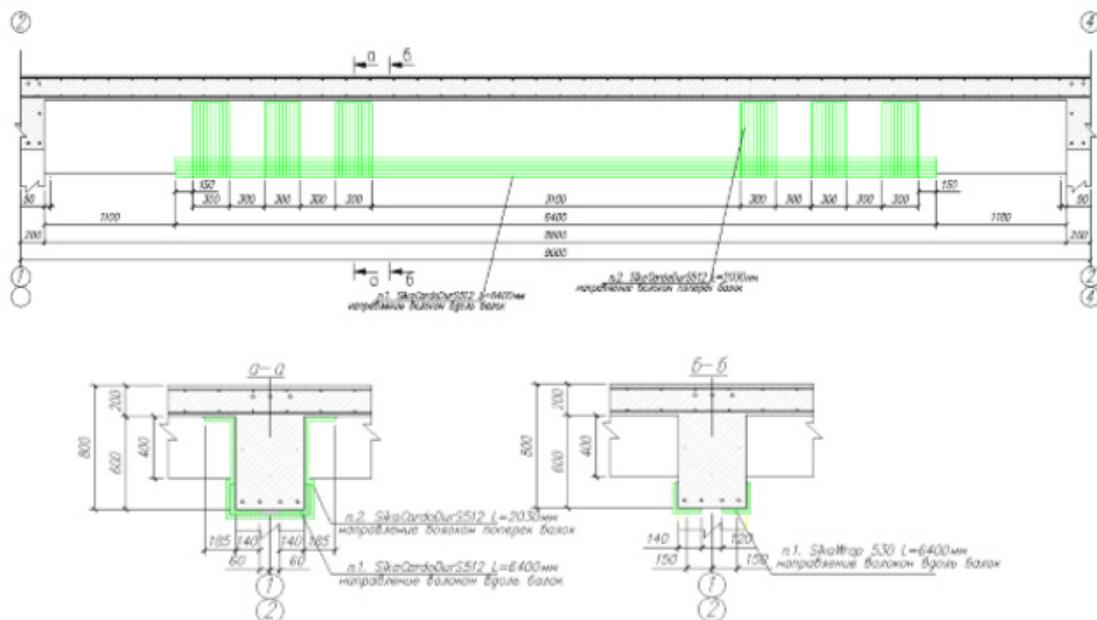


Рис. 3. Схема усиления балок

Таким образом для балки перекрытия, из найденных параметров расчета была предложена система усиления углепластики, которая обеспечивает прочность сечения. Суть метода усиления: на растянутые участки вдоль направления основной арматуры производится монтаж углеродных холстов. А для восприятия поперечной нагрузки и для закрепления арматуры (анкеровки) устанавливаются поперечные бандажи.

Заключение

За последние годы ремонт и усиление железобетонных конструкций в современной России становится более актуальными проблемами.

Наиболее эффективным способом усиления железобетонных конструкций — это применение композитных материалов на основе высокопрочных углеродных волокон.

В данной статье был предложен вариант усиления железобетонных балок перекрытия из углепластик и в результате расчета показана техническая эффективность применения углепластики для усиления железобетонной балки, которые позволяют значительно увеличить прочность сечения, а так же снизить требуемое армирование.

Литература:

1. Хаютин, Ю. Г., Чернявский В. Л., Аксельрод Е. З. Применение углепластиков для усиления строительных конструкций // Бетон и железобетон. № 6. 2001. с. 17–20.
2. Чернявский, В. Д., Аксельрод Е. З. Применение углепластиков для усиления железобетонных конструкций промышленных зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2004. № 3. с. 37–38.
3. Ключев, С. В., Гурьянов Ю. В. Внешнее армирование изгибаемых фибробетонных изделий углеволокном. Инженерно-строительный журнал. 2013. № 1 (36). с. 21–26.
4. Польской, П. П., Маилян Д. Р. Композитные материалы — как основа в строительстве и реконструкции зданий и сооружений // «Инженерный вестник Дона». 2012. № 4.
5. Курлапов, Д. В. Усиление железобетонных конструкций с применением полимерных композитов // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 3. с. 22–24.
6. Шевцов, Д. А., Гвоздева А. А. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами // Промышленное гражданское строительство. 2014. № 8. с. 61–64.
7. Ватин, Н. Н., Дьячкова А. А. Усиление железобетонных конструкций с использованием композиционных материалов на основе углеродных волокон и постнапрягаемых стержней // Бетон и железобетон, 2009. № 4 (74). с. 20–21.
8. Болгов, А. Н., Иванов С. И. Особенности методики расчета колонн, усиленных композитными материалами // Бетон и железобетон, 2012. № 1. с. 14–17.
9. Кузнецов, В. Д. Расчет усиления железобетонных плит углеродными композитными материалами // Инженерно — строительный журнал. 2009. № 3. с. 25–28.
10. Шилин, А. А. Пшеничный В. А., Картузов Д. В. Усиление железобетонных конструкций / М.: ОАО «Издательство «Стройиздат», 2004. 144 с.
11. Belarbia, A., Acunb B. FRP Systems in Shear Strengthening of Reinforced Concrete Structures // Procedia Engineering. 2013. № 57. P. 2–8.
12. David, E., Djelal C. Repair and strengthening of reinforced concrete beams using composite 7th Int. conf. on Struct // Faults and Repair, Vol. 2, 1997. P. 169–173.
13. Ehasani, M. R. Design recommendation for bond of GFRP rebar to concrete // Journal of Structural Engineering. 1996. № 3 (102). P. 125–130.
14. Grace, N. F. Strengthening of concrete beams using innovative ductile fiber — fiber reinforced polymer fabric // ACI Structural Journal. № 5 (99). 2002. P. 692–700.
15. Михуб Ахмад, Польской П. П., Котеленко Р. В. Блягоз А. М. «Расчет железобетонных балок, усиленных композитными материалами, по методу аналоговой фермы»: Новые технологии, МГТУ, вып. 2, Майкоп, 2012. с. 79–88.
16. СТО 13613997–001–2011. СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. Зика Россия. 2011. 55 с.
17. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами / В. Л. Чернявский, Ю. Г. Хаютин. М.: ООО «Интераква», НИИЖБ, 2006. 48 с.

Распространение вибраций в грунтах, возникающих при движении железнодорожных поездов

Юлдашев Шарафитдин Сайфитдинович, доктор технических наук, профессор;
 Саидов Сотихон Махмудович, кандидат технических наук, доцент;
 Набиев Муроджон Якубджанович, ассистент
 Наманганский инженерно-педагогический институт (Узбекистан)

Упругие волны, распространяющихся в грунте от различных промышленных и транспортных источников, вредно влияют на сооружения, технологические процессы и на людей. Поэтому изучение действия этих волн на сооружения и разработка способов уменьшения вибраций до уровня требований санитарных норм имеют большое практическое значение.

Рассмотрим задачу о распространении колебаний в грунте, возникающих при движении железнодорожных поездов.

На основании экспериментальных исследований можно считать, что колебания грунта происходит во времени по гармоническому закону, задачу можно рассматривать в линейной постановке, так как амплитуда колебаний мала. Длина поезда, возбуждающего колебания грунта, составляет 300–500 метров, что, как правило, превышает длину обычных зданий. Следовательно, можно принять, что задача плоская и предположим, что колебания происходит по гармоническому закону [1].

Рассмотрим случай, когда закон деформирования подчиняется законом наследственной ползучести Больцмана-Вольтерра [2].

$$\sigma(t) = E\sigma(t) + E \int_0^t R(t-\tau)\varepsilon(t)d\tau \quad (1)$$

$$\text{или } \sigma(t) = E(1 - R^*)\varepsilon(t) \quad (2)$$

где R^* — оператор релаксации.

Пусть $\varepsilon(t) = \varepsilon_0 e^{i\omega t}$, $\sigma(t) = \sigma_0 e^{i(\omega t + \varphi)}$.
 Следовательно

$$\sigma_0 e^{i(\omega t + \varphi)} = E\varepsilon_0 \left(e^{i\omega t} - \int_{-\infty}^t e^{i\omega t} R(t-\tau)d\tau \right). \quad (3)$$

После преобразования, получим

$$\sigma_0 e^{i(\omega t + \varphi)} = E\varepsilon_0 (1 - \Gamma_c + i\Gamma_s) e^{i\omega t} \quad (4)$$

$$\Gamma_c = \int_0^{\infty} R(z) \cos \omega z dz, \quad \Gamma_s = \int_0^{\infty} R(z) \sin \omega z dz$$

Обозначим

$$E'(\omega) = E(1 - \Gamma_c), \quad E''(\omega) = E\Gamma_s$$

Тогда уравнению (1) принимает вид $\sigma = (E' + iE'')\varepsilon$.
 Используется комбинированное экспоненциально-степенное ядро, предложенное А. Р. Ржаницыным [2]

$$\Gamma(t) = A e^{-\beta t} t^{\alpha-1} \quad (5)$$

Конкретные расчеты произведены при $A=1,373 \cdot 10^{-2}$, $\beta=1,3 \cdot 10^{-7}$, $\alpha=0,2$ — для грунта

На границе AB ставятся условия симметрии, т. е. $u=0$ при $x=0$ (рис. 1).

На границах BC и CD ставятся граничные условия излучения [3,4], соответственно:

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= a\rho V_p \dot{v} \\ \tau &= b\rho V_s \dot{v} \end{aligned} \right\} \text{ и } \left. \begin{aligned} \sigma &= a\rho V_p \dot{u} \\ \tau &= b\rho V_s \dot{v} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

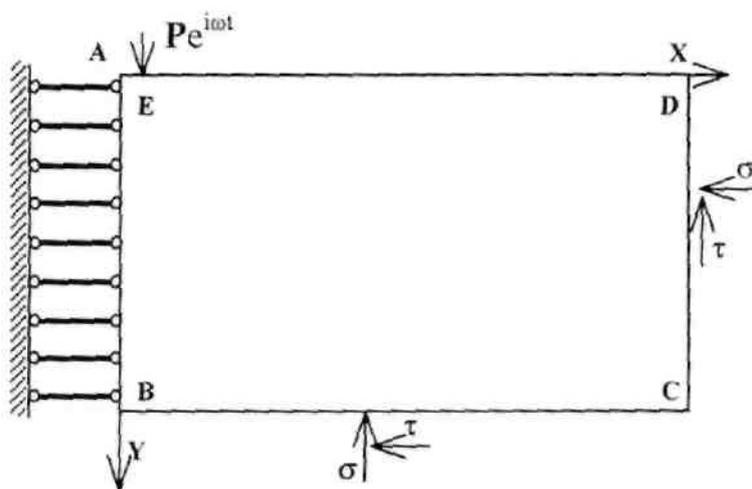


Рис. 1. Расчетная схема

где
 σ и τ — нормальные и касательные напряжения;
 \dot{u} и \dot{v} — нормальные и касательные скорости частиц на границе,
 V_p и V_s — скорости P и S волн;
 a и b — безразмерные параметры;
 ρ — плотность материала.

На границе AD приложена только одна сосредоточенная нагрузка, т. е.

$$P(x, t) = P_0 e^{-i\omega t} \cdot \delta(x - x_0)$$

где P_0 — вектор заданной силы;
 ω — частота внешних воздействий;
 $\delta(x - x_0)$ — дельта-функция
 Уравнения движения системы после разбиения области на конечные элементы записывается как обычно:

$$[M]\{\ddot{u}\} + (1 - R^*)[K]\{u\} = \{P(t)\} \tag{7}$$

С теоретической точки зрения представляет большой интерес сравнение результатов, полученных в двух предположения постановки задач. В качестве второго предположения рассмотрим уравнение с учётом диссипативных свойств грунта пропорционально скорости частиц.

Уравнения движения в этом случае записывается в следующем виде:

$$[M]\{\ddot{u}\} + (\tilde{N}^*)\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = \{P(t)\} \tag{8}$$

Полученные результаты после решения уравнений (7) и (8) для различных типов грунтов приведены в таблице 1 для удобства сравнения полученных результатов приведены среднеарифметические значения отношений амплитуд вертикальных смещений поверхности грунта.

Здесь индекс «u» указывает, что результаты получены, когда матрица демпфирования пропорциональна матрице жесткости, т. е.

$$[C] = \gamma [K]$$

Индекс «v» указывает, что результаты получены в предположении, когда грунт обладает наследственными свойствами ползучести.

В обоих случаях учета вязкости грунта разница между ними составляет максимум 6%. Это дает основание сделать следующее заключение, что исследователь при ре-

Таблица 1

Частота, f	Гравийно-песчаник, Ср. ар. (V _y /V _в)	Лёсс, Ср. ар. (V _y /V _в)	Суглинок, Ср. ар. (V _y /V _в)
10	0,97	0,94	0,95
15	1,00	1,03	0,98
20	1,01	1,03	0,99
25	1,01	0,96	1,02
30	0,99	0,96	1,01
35	0,99	1,01	0,98
40	0,99	0,92	1,00
45	0,98	1,02	1,01
50	0,98	0,92	0,96

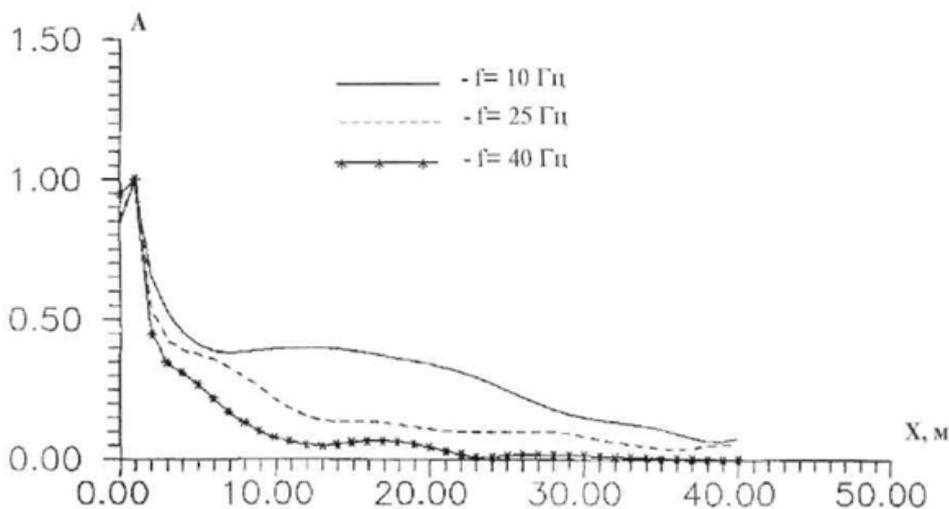


Рис. 2. Изменение огибающих амплитуд колебаний точек поверхности грунта

шении задач о распространении вибрации в грунте может выбрать любую из этих моделей по своему усмотрению.

Физико-механические характеристики и параметры вязкости грунтов выбирались следующими:

для лёсса

$$E=2,2 \cdot 10^8 \text{ Па}; \rho=1,79 \cdot 10^3 \text{ н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4; \nu=0,3$$

$$A=6,74 \cdot 10^{-2}, \beta=2,43 \cdot 10^{-3}, \alpha=0,25$$

для гравийно-песчаника

$$E=2,85 \cdot 10^8 \text{ Па}; \rho=1,87 \cdot 10^3 \text{ н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4; \nu=0,35$$

$$A=13,73 \cdot 10^{-2}, \beta=1,3 \cdot 10^{-6}, \alpha=0,2$$

для суглинка

$$E=4,21 \cdot 10^8 \text{ Па}; \rho=1,8 \cdot 10^3 \text{ н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4; \nu=0,27$$

$$A=3,33 \cdot 10^{-2}, \beta=3,6 \cdot 10^{-4}, \alpha=0,25$$

Анализ полученных результатов показал, что в лесовидном грунте амплитуда вибрационных волн затухает быстрее, чем в гравийно-песчаном или супеси. В достаточно удаленных от оси железнодорожного полотна точках поверхности грунта уровень вибрации существенно зависит от грунтовых условий: у прочных грунтов уровень вибрации поверхности грунта будет больше, чем у слабых.

Качественный анализ огибающих амплитуд колебания точек поверхности грунта показывает (рис. 2), что все графики с увеличением расстояния от оси симметрии имеют убывающий характер. С увеличением значения частоты внешних воздействий абсолютные значения амплитуды колебания поверхностных точек уменьшаются, и затухание происходит быстрее.

Литература:

1. Ильичев, В. А., Юлдашев Ш. С., Саидов С. М. Исследование распространение вибраций от движения железнодорожных поездов в зависимости от расположения железнодорожного полотна. Оснований, фундаменты и механика грунтов, N2, М., Стройиздат, 1999 г. с. 10–12
2. Ржаницын, А. Р. Теория ползучести. М., Стройиздат, 1968, 416 с.
3. Lysmer, J., Kyhlemeyer L. «Finite Dynamik Model for Infinite Media» Jour Engineering Mechanics Division, ASCE, Vol 95, No EM 4, August, 1969, p. 859–887.
4. Lysmer J, Udaka T, Tsai G-F, Seed H B «Flash-A Computer Program for Approximate 3-D Analysis of Soil-Strbctbre Interaction Problems», University of California, Berkelery, Repory No EERS 75–30, November, 1975.

Как писать учебник по градостроительству: морфофункциональный подход

Яргина Зоя Николаевна, доктор архитектуры, профессор
Московский архитектурный институт

Яргин Сергей Вадимович, кандидат технических наук, доцент
Российский университет дружбы народов

Учебники и монографии по теории градостроительства содержат разнообразный теоретический материал, а иллюстрации иногда носят случайный характер [1–3]. Опираясь на опыт преподавания, мы хотели бы предложить схему построения учебника по градостроительству и подачи материала студентам. Курс предлагается разделить на две части: общую и частную. В общей части обсуждаются основы теории градостроительства. Частный раздел должен основываться на планах известных городов, российских и зарубежных, с указанием масштабов и обозначением основных градостроительных объектов. В специальной части курса иллюстрируются типы структурной организации городов: радиально-кольцевая, сетевая, линейная, комбинированная (рис. 1–3).

Изображения сопровождаются комментариями и ссылками на общую часть. В комментариях к рисункам обозначается тип структурной организации города, история формирования данной структуры и перспективы ее развития, в том числе, тупиковые пути; преимущества, возможные недостатки и пути их преодоления. По возмож-

ности желательно указывать, какое дальнейшее развитие предусматривает генплан, имеются ли альтернативные варианты, какие у разных вариантов преимущества и недостатки. При этом нужно стремиться показать не только города с хорошо функционирующей транспортной и другими системами, но и «патологические формы», зашедшие в своем развитии в тупик, с целью продемонстрировать, куда может завести бесконтрольный рост или неоптимальное планирование. К сожалению, примером тупикового развития города с радиально-кольцевой структурной организацией является Москва.

Из теории градостроительства известно, что на определенном этапе роста города с радиально-кольцевой структурной организацией возникает перегрузка центра. В качестве решения мы предлагали строительство нового делового ядра за пределами МКАД между городом Химки и Зеленоградом [4,5]. В ответе Главного архитектора города Москвы С. О. Кузнецова от 04.03.2015 отмечается: «После присоединения 1 июля 2012 года к Москве новых территорий вектор развития столицы направлен на по-

лицентричность: создание новых центров притяжения на присоединенной территории в целях разуплотнения сложившейся территории города, так в поселении Сосенское в поселке Коммунарка предусмотрено создание нового административно-делового центра». Необходимо подчеркнуть, что полицентричность не решит транспортных проблем: между разрозненными компонентами делового ядра и историческим центром будет циркулировать автотранспорт, способствуя транспортным заторам. Не являясь радикальным решением также «тангенциальное ориентирование сложившейся радиально-концентрической планировочной системы» [6].

Единственно правильным решением, по нашему мнению, послужило бы строительство нового делового ядра между городом Химки и Зеленоградом [4,5]. Преимущества по сравнению с юго-западным направлением (Сосенское, Коммунарка) очевидны: близость международного аэропорта Шереметьево, элитных жилых массивов на северо-западе столицы; в новом центре смогут останавливаться поезда Москва — Санкт-Петербург. Все это будет способствовать деловой активности, уменьшению маятниковой миграции и нагрузки на исторический центр города. Новый центр можно будет соединить с историческим посредством монорельса, сооружение которого обходится сравнительно недорого; этот привлекательный вид общественного транспорта поможет отвлечь некоторых участников маятниковой миграции от езды на автомобилях. В связи с этим необходимо поставить вопрос о включении территории между МКАД и Зеленоградом в административные границы Москвы; соответствующее предложение было направлено в Правительство Москвы.

Сохранение радиально-кольцевой структуры столицы связано, в частности, с именем Н. Н. Улласа (1914–2009), одного из основоположников Генерального плана развития Москвы 1970-х годов [7–9]. Об отношении Улласа к архитектурному наследию свидетельствует, например, следующие цитаты: «В наши дни наивно полагать, что можно сохранить в первозданном состоянии исторически сложившиеся города... Старый малоэтажный жилой фонд, формирующий пространственную среду исторических городов, нуждается в модернизации и замене. В связи с этим неотложной задачей следует считать разработку типовых проектов малоэтажных домов» [8]. Очевидно, что такой подход отличается от принятого в Западной Европе сохранения подлинной исторической застройки, несмотря на то, что там ее сохранилось значительно больше, чем в России. В 1970-е годы Н. Н. Уллас пригласил одного из авторов этой статьи на должность профессора и зав. кафедрой теории градостроительства МАрХИ, возможно, в расчете на соглашательскую позицию. Конечно, Уллас не один принимал решения, но его положение заведующего ведущей кафедрой градостроительства, звание Народного архитектора СССР и т. п. способствовали высокому авторитету. Уллас был учеником Н. А. Ладовского (1881–1941), который в свое время отстаивал идею децентрализации Москвы с распространением центра города вдоль

Тверской улицы и далее в том же направлении [10]. Идеи Ладовского не нашли воплощения в генеральных планах Москвы. С учетом изложенного выше, отказ ведущих советских градостроителей от строительства второго центра, а также планы создания нового центра на Юго-Западе столицы, представляются неконструктивными.

Наряду с учебником желательнее выпустить атлас по теории градостроительства. В учебнике вышеупомянутые планы городов будут черно-белыми и относительно мелкими; в атласе — более крупными, с большим количеством обозначений. Иллюстрации в атласе будут сопровождаться краткими комментариями и ссылками на соответствующие страницы учебника. Отчасти подобным образом, на основе планов городов, излагается материал в некоторых зарубежных изданиях по градостроительству [11]. Положительное развитие в этом направлении отмечено в недавно изданном учебнике [12]. Вместе с тем, нельзя не упомянуть об изданиях низкого уровня, где без видимых оснований и литературных ссылок делаются заявления, например, что «80% заболеваний на планете вызваны потреблением некачественной питьевой воды» и т. п. [13]

Морфофункциональный подход должен стать основным в предлагаемом комплексе учебник-атлас: показывать на планах современных городов структуру, постоянно думая о функции и проводя морфо-функциональные параллели. Там, где имеются недостатки, нужно обсуждать возможные меры их преодоления и перспективы развития планировочной структуры в случае принятия тех или иных мер. Морфологический и функциональный аспекты градостроительных систем рассмотрены в книге [14]. Морфологический анализ планов городов в наши дни все шире использует количественные характеристики (морфометрию) и компьютерное моделирование [15]. Количественные методы использовались также в отечественных исследованиях в области градостроительства, например, расчет «относительных размеров зон пешеходной доступности остановочных пунктов массового пассажирского транспорта» [16].

Наконец, мы хотели бы предложить новый термин «архитектурное зонирование» городской территории, то есть, разграничение в административном порядке зон охраны исторической застройки, а в случае нового строительства — определенных стилистических характеристик строящихся в данной зоне зданий. Понятно, что архитектурное зонирование тесно связано с функциональным. Однако функции могут переплетаться, но границы использования определенных архитектурных стилей и охраняемых зон можно предписывать в административном порядке. Пример архитектурного зонирования — район Дефанс в Париже, строительство которого было начато в 1950-е годы с целью разгрузки исторического центра города. Дефанс сочетает в себе различные функции, в первую очередь, деловую и жилищную; однако, в стилистическом отношении он представляет собой единый ансамбль. Следует подчеркнуть, что Дефанс расположен дальше



Рис. 1. Москва. Радиально-кольцевая структурная организация



Рис. 2. Вашингтон, округ Колумбия. Сетевая планировочная структура



Рис. 3. Большой Сочи. Линейная структура

от исторического центра города, чем новый деловой район Москва-Сити, который уже сегодня способствует транспортным заторам. Негативные последствия близости комплекса Москва-Сити к центру следовало предвидеть. В одной зоне не обязательно ограничиваться одним архитектурным стилем: например, псевдотрадиционная архитектура иногда хорошо сочетается с современной. Однако мы сознательно избегаем рекомендаций комбинировать современную архитектуру с исторической: стеклянная

Пирамида в Лувре — это замечательное достижение современной архитектуры; однако в Кремле хотелось бы оставить все как есть, обходясь без сноса и новодела. В частности, архитектурное зонирование позволило бы избежать чередования исторических и псевдотрадиционных построек, которое, по нашему мнению, сопряжено с рядом недостатков эстетического характера [17], что позволит недоброжелателям говорить о низком культурном уровне и т. п.

Литература:

1. Авдотьин, Л. Н., Лежава И. Г., Смоляр И. М. Градостроительное проектирование. Москва: Стройиздат, 1989.
2. Яргина, З. Н., Косицкий Я. В., Владимиров В. В., Гутнов А. Э., Микулина Е. М., Сосновский В. А. Основы теории градостроительства. Москва: Стройиздат, 1986.
3. Малоян, Г. А. Основы градостроительства. Москва: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2008.
4. Яргина, З. Н., Яргин С. В. Два ядра вместо одного центра. Архитектура и строительство Москвы, 2009, № 3, стр. 54–58.
5. Яргина, З. Н., Яргин С. В. Озеленение, и разгрузка исторического центра Москвы. Архитектура, Строительство, Дизайн 2014, № 4 (77) стр. 30–31.
6. Малоян, Г. А. К вопросу о стратегии развития Москвы в системе расселения. В кн.: География, градостроительство, архитектура: синтез наук и практик. МГУ им. М. В. Ломоносова. Смоленск: Ойкумена, 2013; стр. 208–214.
7. Уллас, Н. Н. Новый генеральный план Москвы — основа научно-технического прогресса в проектировании и строительстве. Доклад на науч.-техн. конф. по экономике, повышению эффективности капитальных вложений и улучшению качества строительства. Москва, 1969.
8. Уллас, Н. Н. Об особенностях развития исторических городов и задачах Союза архитекторов СССР. Доклад на Всесоюз. науч.-техн. совещ. «Планировка и застройка ист. городов», Ленинград, 21–24 июня 1978 г. Москва: ЦНТИ по гражд. стр-ву и архитектуре, 1978.
9. Мосгорисполком. Научно-исследовательский и проектный институт генерального плана г. Москвы. Москва. Генеральный план, 1970.
10. Ладовский, Н. Москва «историческая» и социалистическая. Строительство Москвы 1930, № 1, стр. 17–20.
11. Scott Brown D. Urban concepts. London: St. Martin's Press, 1990.
12. Сомов, Г. Ю., Алексеев Ю. В. Эволюция градостроительного планирования поселений. Учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению «Градостроительство». Москва: АСВ, 2014.
13. Блинов, Л. Н., Букреев В. В., Ложечко В. П. Большой город. Экология, безопасность жизнедеятельности. Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического ун-та, 2014.
14. Carmona, M., Heath T., Oc T., Tiesdell S. Public places — urban spaces: the dimensions of urban design. Amsterdam: Architectural press, 2003.

15. Pinto, N. N., Tenedorio J. A., Antunes A. D., Cladera J. R. Technologies for urban and spatial planning: Virtual cities and territories. Hershey PA: IGI Global, 2014.
16. Бочаров, Ю. П. Формирование планировочной структуры промышленных городов. Дис. д-ра архитектуры. Москва: ЦНИИЭП жилища, 1966.
17. Яргина, З. Н., Яргин С. В. Эстетическая оценка реконструкции Москвы. Архитектура и строительство Москвы, 2010, № 6, стр. 22–29.

Молодой ученый

Научный журнал
Выходит два раза в месяц

№ 11 (91) / 2015

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметова Г. Д.

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.
Игнатова М. А.
Коварда В. В.
Комогорцев М. Г.
Котляров А. В.
Кузьмина В. М.
Кучерявенко С. А.
Лескова Е. В.
Макеева И. А.
Матроскина Т. В.
Мусаева У. А.
Насимов М. О.
Прончев Г. Б.
Семахин А. М.
Сенюшкин Н. С.
Ткаченко И. Г.
Яхина А. С.

Ответственные редакторы:

Кайнова Г. А., Осянина Е. И.

Международный редакционный совет:

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

Художник: Шишков Е. А.

Верстка: Бурьянов П. Я.

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

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

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

Учредитель и издатель:

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», г. Казань, ул. Академика Арбузова, д. 4