

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК ПОВОЛЖЬЯ

№3 2021

Направления:

**05.13.01 – СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА
ИНФОРМАЦИИ (технические науки)**

**05.13.06 – АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ
(технические науки)**

**05.13.11 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (физико-математические науки)**

**05.13.11 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (технические науки)**

**05.13.18 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ
МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (технические науки)**

**05.13.19 – МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ,
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
(физико-математические науки)**

**Казань
2021**

УДК 60

ББК 30-1

Н-66

Н-66 Научно-технический вестник Поволжья. №3 2021г. – Казань: ООО «Рашин Сайнс», 2021. – 58 с.

ISSN 2079-5920

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732)

Журнал размещен в открытом бесплатном доступе на сайте www.ntvp.ru, и в Научной электронной библиотеке (участвует в программе по формированию РИНЦ).

Журнал включен ВАК РФ в перечень научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Подписной индекс в объединенном каталоге «Пресса России» № E12025.

Главный редактор Р.Х. Шагимуллин

Редакционная коллегия

С.В. Анаников – д.т.н., проф.; Т.Р. Дебердеев – д.т.н., проф.; Б.Н. Иванов – д.т.н., проф.;

В.А. Жихарев – д.ф.-м.н., проф.; В.С. Минкин – д.х.н., проф.; А.Н. Николаев – д.т.н., проф.;

В.К. Половняк – д.х.н., проф.; В.Ф. Тарасов – д.ф.-м.н., проф.; Х.Э. Харлампиди – д.х.н., проф.

В журнале отражены материалы по теории и практике технических, физико-математических и химических наук.

Материалы журнала будут полезны преподавателям, научным работникам, специалистам научных предприятий, организаций и учреждений, а также аспирантам, магистрантам и студентам.

УДК 60

ББК 30-1

ISSN 2079-5920

© Рашин Сайнс, 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>В.С. Минкин, Т.Ю. Старостина, В.Б. Репин, А.В. Репина, Р.Х. Шагимуллин</i> СТРОЕНИЕ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ПОДВИЖНОСТЬ НАПОЛНЕННЫХ ОЛИГОЭПОКСИДОВ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ	5
---	---

**05.13.01 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И
ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ**

<i>Р.М. Галиев, З.А. Аюкин, А.Ю. Барыкин, Д.И. Нуретдинов, Р.Ф. Илдарханов, Д.К. Шакуров</i> ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ШАТУННОГО УЗЛА ПРИ РЕМОНТЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ	8
<i>П.Н. Гаряев</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ	11
<i>Н.А. Гаряев, Ф. Айюб</i> ПОЭТАПНОЕ ВНЕДРЕНИЕ В ПРОЕКТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	14
<i>В.В. Гаряева</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА БАЗЕ ВІМ МОДЕЛИРОВАНИЯ	17
<i>Г.В. Кузнецова, Т.А. Морозова, С.А. Шальнов</i> УСТОЙЧИВОСТЬ УГЛОВОГО ДВИЖЕНИЯ ПОДВОДНОГО АППАРАТА ПРИ НАЛИЧИИ КАВИТАЦИОННОГО ОБТЕКАНИЯ	21
<i>В.В. Попцов</i> ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА НАДЁЖНОСТЬ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ КАМАЗ-44108	25
<i>Н.А. Федюшкин, С.А. Ямашкин</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РЕПОЗИТОРИЕВ МОДЕЛЕЙ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	28

**05.13.06 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ**

<i>Л.А. Феоктистова, Т.В. Рзаева, А.Р. Фардеев</i> ВОЗМОЖНОСТИ СРЕДСТВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ	31
---	----

**05.13.18 — ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ**

<i>А.Ю. Барыкин, Р.М. Галиев, Р.Ф. Илдарханов, В.М. Нигметзянова, Д.И. Нуретдинов, Р.Х. Тахавиев</i> К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ФРИКЦИОННОГО СЦЕПЛЕНИЯ	34
<i>Е.В. Поезжаева, С.Э. Шаклеина, Д.Н. Кучев</i> ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЛОСКИХ КРЫШЕК И ДНИЩ АППАРАТОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД ВНУТРЕННИМ ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ	37
<i>О.В. Соловьева</i> ЧИСЛЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В ТРУБЕ С ПОРИСТОЙ СТЕНКОЙ	44

**05.13.19 — ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ
ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

<i>Е.В. Бурькова, А.Л. Коннов, А.А. Рычкова</i> РАЗРАБОТКА МОДЕЛЬНОГО БАЗИСА ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ИГР	48
---	----

THE RELEASE MAINTENANCE

<i>V.S. Minkin, T.Yu. Starostina, V.B. Repin, A.V. Repina, R.Kh. Shagimullin</i> STRUCTURE AND MOLECULAR MOBILITY OF FILLED OLIGOEPOXIDES DURING MECHANICAL PROCESSING	5
--	---

05.13.01 — TECHNICAL SCIENCES — SYSTEM ANALYSIS, MANAGEMENT AND INFORMATION PROCESSING

<i>R.M. Galiev, Z.A. Ayukin, A.Yu. Barykin, D.I. Nuretdinov, R.F. Ildarhanov, D.K. Shakurov</i> INCREASING THE LIFE OF THE CONNECTING ROD UNIT WHEN REPAIRING THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE	8
<i>P.N. Garyaev</i> MODELING OF ENERGY CONSUMPTION IN URBAN AREAS	11
<i>N.A. Garyaev, F. Ayoub</i> STEP-BY-STEP IMPLEMENTATION OF INFORMATION MODELING TECHNOLOGY IN THE PROJECT ORGANIZATION	14
<i>V.V. Garyaeva</i> ENSURING SUSTAINABLE DESIGN AND ENERGY-EFFICIENT CONSTRUCTION BASED ON BIM MODELING	17
<i>G.V. Kuznetsova, T.A. Morozova, S.A. Shalnov</i> STABILITY OF THE ANGULAR MOTION OF THE UNDERWATER VEHICLE IN THE PRESENCE OF CAVITATION FLOW	21
<i>V.V. Poptsov</i> INFLUENCE OF LOW TEMPERATURES ON RELIABILITY OF KAMAZ-44108 CAR ENGINES	25
<i>N.A. Fedyushkin, S.A. Yamashkin</i> RESEARCH OF REPOSITORIES OF NEURAL NETWORK MODELS	28

05.13.06 — TECHNICAL SCIENCES — AUTOMATION AND MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTION

<i>L.A. Feoktistova, T.V. Rzayeva, A.R. Fardeev</i> POSSIBILITIES OF COMPUTER GRAPHICS MEANS IN TEACHING DRAFT GEOMETRY	31
---	----

05.13.18 — TECHNICAL SCIENCES — MATHEMATICAL MODELING, NUMERICAL METHODS AND PROGRAM COMPLEXES

<i>A.Yu. Barykin, R.M. Galiev, R.F. Ildarhanov, V.M. Nigmatzyanova, D.I. Nuretdinov, R.Kh. Tahaviev</i> TO THE QUESTION OF SIMULATION OF WORKING PROCESSES OF FRICTIONAL CLUTCH	34
<i>E.V. Poezhaeva, S.E. Shagleina, D.N. Kuchev</i> JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF CONSTRUCTION MATERIAL IN THE DESIGN OF FLAT COVERS AND BOTTOMS OF APPARATUS OPERATING UNDER INTERNAL EXCESS PRESSURE	37
<i>O.V. Soloveva</i> NUMERICAL DETERMINATION OF THE GAS FLOW RATE IN A PIPE WITH A POROUS WALL	44

05.13.19 — PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES — METHODS AND SYSTEMS OF INFORMATION SECURITY, INFORMATION SECURITY

<i>E.V. Burkova, A.L. Konnov, A.A. Richkova</i> DEVELOPMENT OF A MODEL BASIS FOR DECISION-MAKING IN THE SYSTEM OF PERSONAL DATA PROTECTION BASED ON GAME THEORY	48
---	----

ABSTRACTS	52
------------------	----

05.13.06

¹В.С. Минкин д-р хим. наук, ²Т.Ю. Старостина канд. педагог. наук,
¹В.Б. Репин канд. физ.-мат. наук, ¹А.В. Репина канд. техн. наук,
³Р.Х. Шагимуллин канд. техн. наук

Казанский национальный исследовательский технологический университет,
¹факультет наноматериалов и нанотехнологий,
кафедра физики,
²факультет управления и автоматизации,
кафедра электропривода и электротехники,
³Главный редактор журнала «Научно-технический вестник Поволжья»,
Казань, yerus@yandex.ru

СТРОЕНИЕ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ПОДВИЖНОСТЬ НАПОЛНЕННЫХ ОЛИГОЭПОКСИДОВ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

В данной работе методом ЯМР проведено изучение строения эпоксидной смолы ЭД-20, наполненной SiO_2 , в широком температурном интервале при ее механической обработке. Установлено структурирование системы при ее обработке и наполнении.

Ключевые слова: параметры спектра ЯМР, молекулярная подвижность, наполненные олигомеры.

Явление механодеструкции и хемосорбции, возникающие при механической обработке наполненных смесей олигомеров, существенно влияют на структуру и релаксационные параметры последних [1].

В данной работе методом ЯМР низкого разрешения, а также импульсным методом ЯМР проведено изучение строения эпоксидной смолы ЭД-20, наполненной SiO_2 , в широком температурном интервале при ее механической обработке.

Методика проведения измерений параметров спектров ЯМР и времен ядерной спин-спиновой релаксации T_2 приведены в работе [2].

На рис. 1 приведены спектры ЯМР исходных и наполненных образцов олигоэпоксидов. Все спектры представляют собой неявно выраженные двухкомпонентные линии ЯМР.

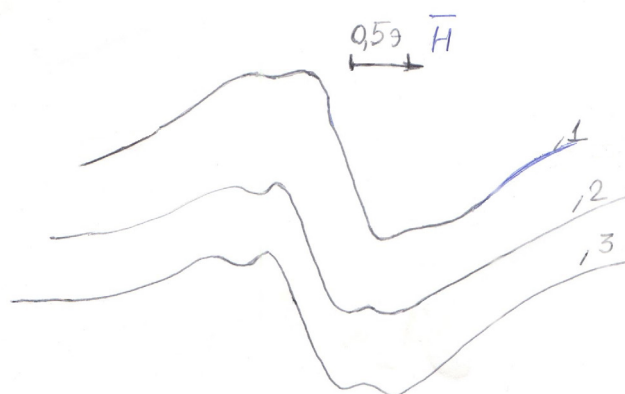


Рис. 1 – Вид спектров ЯМР исходного олигомера ЭД-20 (1)
и наполненных образцов ЭД-20-2% + SiO_2 (2) и ЭД-20-5% + SiO_2 (3).
Время обработки образцов 2 и 3 – 30' (минут)

Увеличение содержания вводимой эпоксидной смолы от 2% до 5% при 30-минутной обработке (помоле) приводит к более явному разделению формы линии, что свидетельствует об изменении молекулярной подвижности в системе в результате обработки наполненных композиций. В таблице приведены рассчитанные параметры спектров ЯМР исследованных композиций.

Таблица

№	Образец*	Ширина линии, δH , э	Второй момент ΔH^2 , э ²
1.	ЭД-20	0,6	0,15
2.	SiO ₂ + 2% ЭД-20 (30')	0,85	0,32
3.	SiO ₂ + 5% ЭД-20 (30')	0,92	0,48
4.	SiO ₂ (30') + 2% ЭД-20	0,8	0,35
5.	SiO ₂ (30') + 5% ЭД-20	0,85	0,38
6.	SiO ₂ + 5% ЭД-20 (30') + 65% ЭД-20	1,15	1,6
7.	SiO ₂ + 65% ЭД-20 (30')	1,26	2,24

* В скобках указано время обработки (помола) в минутах.

Из теории ЯМР известно о том, что сложная форма линии ЯМР наблюдается в полимерах при наличии в них двух областей макромолекул, отличающихся по характеру молекулярного движения в несколько раз (узкая компонента спектра ЯМР относится к областям полимера с более-высокой-молекулярной-подвижностью, широкая – к более-заторможенным-областям).[3].

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что механическая обработка наполненной смолы ЭД-20 существенно влияет на изменение параметров спектров ЯМР: ширина линии δH увеличивается в 1,5 раза, а величина второго момента линии возрастает в 2 раза. При этом форма линии изменяется в сторону Гауссовой с более явно выраженной двухкомпонентной структурой. Параметры модельного образца (№6) указывают на еще больший вклад в изменение молекулярного движения ЭД-20 при обработке ее в присутствии наполнителя. Это может быть связано с процессом механодеструкции олигомерных цепей и их хемосорбции при обработке наполненных образцов ЭД-20. Следует отметить, что обработка отдельно только наполнителя в течение 30 минут и введение в него тех же количеств эпоксидной смолы (от 2% до 5%) практически мало влияет на молекулярные параметры наполненных образцов ЭД-20 (ширина линии изменяется в пределах до 0,65э, а второй момент до 0,18э²). Для выяснения детального изменения молекулярного движения и изменения структуры наполненных смесей ЭД-20 при обработке механическим помолом нами были исследованы времена ядерной магнитной релаксации исходного олигомера и его наполненных смесей после 30' обработки механическим силовым полем. Во всех исследованных образцах наблюдается два времени ядерной спин-спиновой релаксации T_{2a} и T_{2b} с соответствующими населенностями протонов каждой фазы (P_a и P_b) [2-4]. Так же, как и в случае сложной формы линии ЯМР, время T_{2a} и населенность протонов данной фазы P_a (по подвижности) относятся к более подвижным протонам макромолекул олигомера, а P_b и T_{2b} – к более жестким, заторможенным участкам цепей наполненного олигомера. Зависимость длинного (T_{2a}) и короткого (T_{2b}) времен ядерной спин-спиновой релаксации при различных температурах для исходной ЭД-20 приведена на Рис. 2.

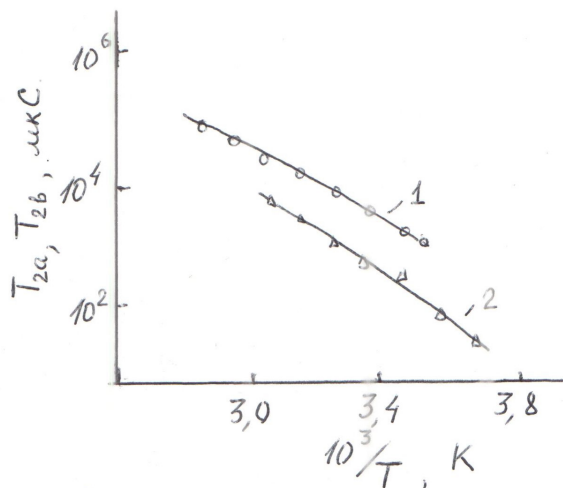


Рис. 2 – Зависимость времен T_{2a} (1) и T_{2b} (2) от температуры олигомера ЭД-20

Рассчитанное количество протонов подвижной фазы P_a исходной ЭД-20 и наполненной обработанной композиции приведена на Рис. 3.

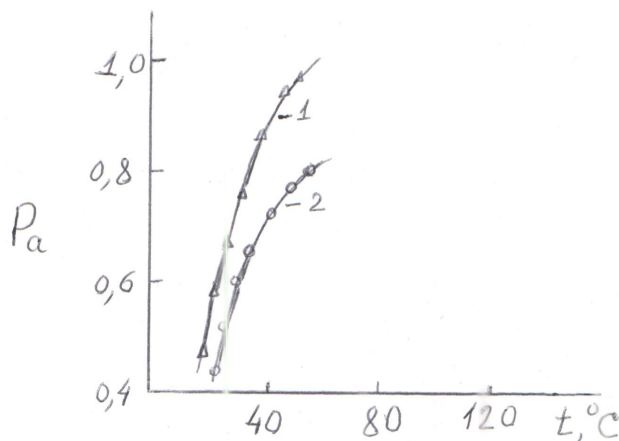


Рис. 3 – Зависимость P_a от температуры для ЭД-20 (1) и смеси ЭД-20-5% + SiO_2 (2) (30' обработки)

Действие обработки оказывает влияние на количество протонов подвижной фазы олигомера. Уменьшение времени ядерной спин-спиновой релаксации T_{2b} по сравнению с исходным олигомером от 0,065 до 0,045мс независимо от содержания в наполненной композиции эпоксидной смолы (от 2% до 5%), а также уменьшение количества протонов подвижной фазы P_a (кривая 2) для всего исследуемого интервала температур однозначно указывает на наличие структурных причин, влияющих на гибкость цепей олигомеров при их наполнении и обработке. Это, в первую очередь, должно быть связано с изменением гибкости межузельных отрезков эпоксидной смолы, на которую влияет хемосорбция макромолекул олигомера на твердых поверхностях наполнителя и ограничение свободного объема, также влияющего на подвижность и гибкость цепей ЭД-20. Данный эффект должен, естественно, зависеть от времени механической обработки и иметь временную экстремальную зависимость для возможной пространственной перегруппировки макромолекул эпоксидного олигомера. Наличие радикальных стадий процессов деструкции и хемосорбции, требует, на наш взгляд, дальнейшего исследования. Действие механического помола по-разному оказывает влияние на подвижность протонов длинной (подвижной) и короткой фазы обработанных наполненных олигомеров. Наиболее чувствительной к структурным изменениям в системе оказалась подвижная фаза и соответствующее ей время T_{2a} олигомеров. Это также указывает на структурирование системы при ее обработке и наполнении.

Список литературы

1. Кулезнёв В.Н. Смеси полимеров (структура и свойства). – М.:Химия, 1980. – 288с.
2. Минкин В.С. ЯМР в промышленных полисульфидных олигомерах. Казань: Изд-во Абак, 1997. – 222с.
3. Слоним И.Я. ЯМР в полимерах / И.Я. Слоним, А.Н. Любимов. – М.:Химия, 1966. – 300с.
4. Фаррар Т. Импульсная и Фурье-спектроскопия ЯМР / Т. Фаррар, Э. Беккер. – М.:Наука, 1973. – 188с.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И
ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ (05.13.01)***05.13.01*

**Р.М. Галиев канд. техн. наук, З.А. Аюкин канд. техн. наук,
А.Ю. Барыкин канд. техн. наук, Д.И. Нуретдинов канд. техн. наук
Р.Ф. Илдарханов канд. техн. наук, Д.К. Шакуров канд. техн. наук**

Набережночелнинский институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
автомобильное отделение,
кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта»,
Набережные Челны, radikrabota@mail.ru

**ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ШАТУННОГО УЗЛА
ПРИ РЕМОНТЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

В статье рассматриваются конструкция и методика повышения ресурса шатунного узла двигателя внутреннего сгорания. Приведены исследования его надежности, основные дефекты и анализ их возникновения. По уточненным зависимостям расчетной модели, предложено внести изменения по основанию, крышке шатуна и рекомендовано применение шатунного болта новой конструкции. Такие изменения уменьшают концентрацию напряжений на переходе шатуна от основания на стержень и концентрацию изгибных напряжений под головкой и в резьбе шатунного болта двигателя КАМАЗ-740.10.

Ключевые слова: двигатель КАМАЗ-740.10, шатунный болт, капитальный ремонт, шатунный узел, автотранспортное предприятие.

Двигатель внутреннего сгорания является основным, дорогостоящим элементом автомобиля и на него приходится из всех агрегатов автомобиля больше отказов [1-3], потому что он работает в различных режимах и сложных условиях. Во время его эксплуатации изменяется техническое состояние узлов и механизмов. Характер изменения параметров технического состояния может быть внезапным или постепенным. Постепенный вид отказа можно прогнозировать при техническом обслуживании во время диагностирования узлов и агрегатов автомобиля по интенсивности износа и планировать их текущий или капитальный ремонт. Внезапные отказы прогнозировать практически невозможно.

Работники технической службы в автотранспортном и авторемонтном предприятиях собирают информацию по возникшим отказам автомобилей. Накопленная информация обрабатывается и анализируется, устанавливаются источники возникновения: эксплуатационные, производственные и конструктивные. Такой системный анализ используется для исключения отказов.

Целью исследования является повышение ресурса элементов кривошипно-шатунного механизма при ремонте двигателя КАМАЗ-740.10.

Основные задачи исследования – проанализировать отказ двигателя, выявить причину, провести расчетные исследования и разработать технологию ремонта.

Проведенные исследования в АО «Ремдизель» показали, что у двигателя КАМАЗ-740.10 излом шатунного болта, в том числе поломки шатунов, составляет 30 % от его общего количества дефектов [4..6]. Данная неисправность возникает вследствие недостатка конструкции (конструктивный вид отказа). Иногда при ремонте для повышения ресурса приходится изменять конструктивные параметры двигателя. В автотранспортном и авторемонтном предприятиях это возможно во время текущего или капитального ремонта. Зная конструкцию и возможность проявления внезапного отказа агрегата, необходимо устранить при первой же возможности его причину.

Предлагается изменение конструкции крепления основания и крышки шатуна (шатунного узла) двигателя КАМАЗ-740.10, путем механической обработки на технологическом оборудовании. На рис. 1 показана фотография шатунного болта с гайкой завода-изготовителя.



Рис. 1 – Фото шатунного болта М12х1,25 с гайкой

На месте перехода от стержня на головку болта массово наблюдается излом болта. Это объясняется тем, что при проектировании до конца не были учтены динамические нагрузки и место концентрации напряжений.

На рис. 2 показано место излома болта, там же находится место концентрации напряжения под головкой болта.

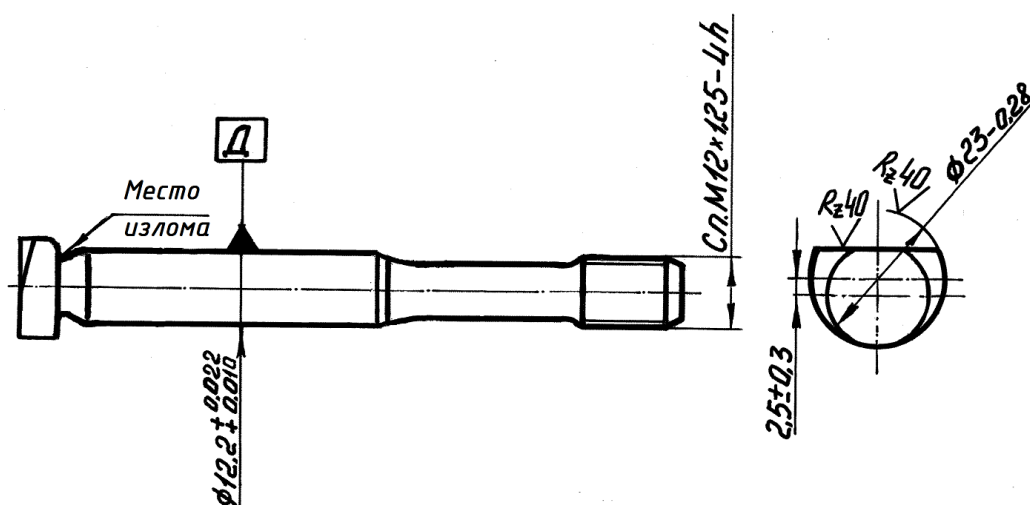


Рис. 2 – Шатунный болт М12х1,25 завода-изготовителя

На предложенном болте, который показан на рис. 3, уменьшается концентрация напряжений под головкой и в резьбе.

Диаметр шатунного болта рассчитывается по уточненной формуле [7]

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \tau \cdot F_{max}}{\pi \cdot \sigma_{max}}} \quad (1)$$

где F_{max} – максимальная суммарная сила, растягивающая болт; σ_{max} – максимальное напряжение в болте в сечении по наименьшему диаметру; τ – коэффициент, учитывающий влияние температуры деталей на изменение напряжения предварительной затяжки.

Коэффициент концентрации напряжений под головкой болта определяется по формуле:

$$\alpha_{sr} = 1 + 0,55 \sqrt{d_c} / \sqrt{R_r} \quad (2)$$

где d_c – диаметр стержня; R_r – радиус галтели под головкой

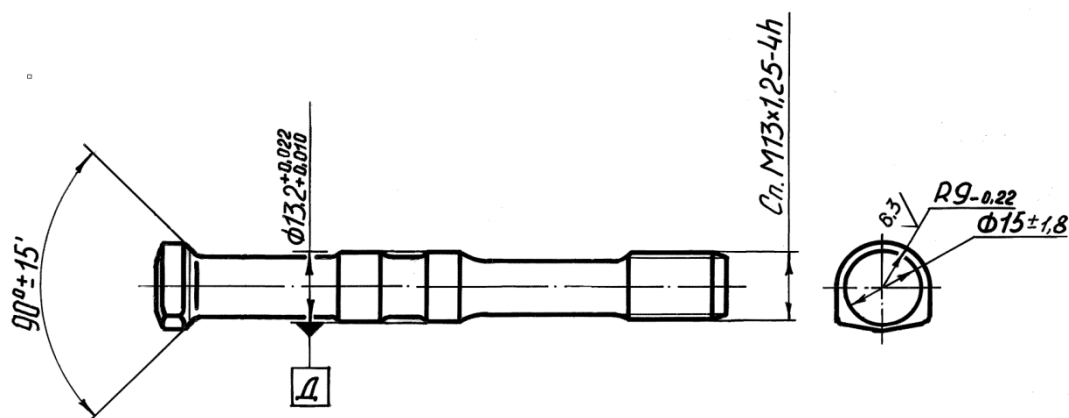


Рис. 3 – Предложенная форма шатунного болта M13x1,25

Разрывное усилие болтов M12x1,25 и предложенного M13x1,25 составляет соответственно не менее 81423 Н и 132435 Н. Усилие на последнем болте больше, чем у завода-изготовителя, на 51012 Н.

Технология ремонта заключается в следующем: под болт на основании шатуна выполняется цилиндрическая поверхность с размером $20^{+0,24}$ мм и коническая поверхность с углом конуса $90^{\circ} \pm 15'$. Следующим шагом на основании и крышке шатуна делается технологическое отверстие размером $13,5^{+0,24}$ мм вместо $12,5^{+0,24}$ мм. После чего эти отверстия обрабатываются. Проведенные испытания доказали, что такие изменения не снижают надежность шатунного узла.

Такое изменение шатунного узла уменьшает концентрацию напряжения на переходе основания шатуна и обеспечивает соосность опорного торца болта относительно стержня, что в свою очередь уменьшает концентрацию изгибных напряжений под головкой и в резьбе болта.

На основе анализа и расчета по уточненной формуле, изменение параметров конструкции при текущем или капитальном ремонте двигателя КАМАЗ-740.10 позволяет увеличить ресурс шатунного узла и тем самым повысить вероятность его безотказной работы.

Список литературы

1. Филькин Н.М. Сбор информации для бортовых систем диагностирования о техническом состоянии двигателя при эксплуатации грузового автомобиля / Н.М. Филькин, Р.М. Галиев, Ф.Л. Назаров, Р.А. Хафизов // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. - Ижевск, 2019. - Т.22, №2. - С. 58-64.
2. Кулаков А.Т. Нестабильность зазоров в шатунных подшипниках из-за образования прогиба вкладышей / А.Т. Кулаков, А. С. Денисов // Вестник Саратовского государственного технического университета. - Саратов, 2006. - Т.3, № 1. - С. 83-91.
3. Макарова И.В. Диагностирование и оперативный контроль остаточного ресурса узлов и агрегатов автомобиля / И.В. Макарова, А.Т. Кулаков, Э.М. Мухаметдинов, Л.М. Габсалихова, А.В. Васильев // Транспорт: наука, техника, управление. 2018. № 2. С. 54-60.
4. Баженов Ю.В. Исследование работоспособности двигателей в условиях эксплуатации / Ю.В. Баженов, М.Ю. Баженов // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств: материалы XVIII Междунар. науч. практ. конф. (24 -25 нояб. 2016 г.). - Владимир: Аркаим, 2016. - С.18-23.
5. Галиев Р.М. Анализ и методика повышения надежности отремонтированных двигателей КАМАЗ-740.10 / Р.М. Галиев, З.А. Аюкин, А.Ю. Барыкин, Д.И. Нуретдинов // Научно-технический вестник Поволжья, 2021. - № 2. - С. 14-16.
6. Калимуллин Р.Ф. Разработка диагностического обеспечения подшипников коленчатых валов автомобильных двигателей // Вестник Иркутского государственного технического университета. - Иркутск, 2012. № 5 (64). - С. 101-108.
7. Р 50-54-90-88. Рекомендации. Расчеты и испытания на прочность. Общие требования к расчетам на прочность резьбовых соединений – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1988. – 93 с.

05.13.01

П.Н. Гаряев канд. техн. наук

ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет",
кафедра Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве,
Москва, garyaevpn@mgsu.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

В работе представлены результаты рассмотрения проблем, которые могут возникнуть на пути успешной реализации энергоснабжения городских территорий. Данное исследование посвящено разработке инновационных цифровых моделей сбалансированного распределения энергопотребления в городских районах.

Ключевые слова. Информационное моделирование, имитационное моделирование, искусственный интеллект, управление процессами.

Для решения проблемы нехватки ресурсов и сбалансированного распределения энергопотребления в городских районах можно использовать методы имитационного моделирования и искусственного интеллекта (ИИ). Современный уровень развития информационных технологий и интеллектуальных систем на их основе позволяет реализовать эту задачу.

Важно отметить, что сторонниками внедрения имитационного моделирования и ИИ в систему электроснабжения являются различные экологические организации. Они настаивают на необходимости увеличения количества объектов возобновляемой энергетики и сокращения числа традиционных угольных и газовых электростанций, а также использования энергосберегающих технологий.

Таким образом, назрела острая необходимость в разработке интеллектуальной системы анализа спроса на электроэнергию в городских районах в различные периоды времени. Кроме того, для обеспечения максимальной точности прогнозирования спроса на электроэнергию такая система должна учитывать изменения погодных условий для формирования показателя спроса на электроэнергию.

Масштабный проект в этом направлении реализуется компанией Google. Высокотехнологичный гигант работает над внедрением системы анализа потребностей населения в электроэнергии с целью оптимизации поставок электроэнергии.

В России с целью мониторинга и анализа энергоснабжения устанавливаются приборы, оснащенные специальным программным обеспечением, позволяющим дистанционно контролировать количество потребляемой электроэнергии в каждом доме и квартире.

Накопленные значительные объемы данных о потреблении энергии, так называемые БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ, могут быть быстро проанализированы только с использованием современных подходов к анализу и принятию решений по управлению сложной системой энергоснабжения.

Современные подходы к решению задач на основе машинного интеллекта позволяют объединить междисциплинарные знания и выявить скрытые закономерности в различных областях науки.

Существующие сегодня решения сложно назвать искусственным интеллектом, поскольку реализуются только его отдельные фрагменты, технологии и методы.

До сих пор искусственный интеллект не был реализован в нужной степени, поскольку не был создан компьютер, сравнимый с человеческим мозгом. Важно отметить, что искусственный интеллект-это не только суперкомпьютер, но и программные алгоритмы.

Реализация разработки имитационных моделей и ИИ необходимого уровня, то есть способных решать творческие задачи, потребует десятилетий исследований многих тысяч лабораторий и институтов; может потребовать принципиально иной аппаратной базы и новых фундаментальных открытий.

В связи с тем, что на сегодня нет устоявшегося определения искусственного интеллекта, возможно дать следующее определение — это компьютерная система, способная обучаться, используя накопленные знания и опыт, решать творческие и изобретательские задачи, не используя методы перечисления, выстраивая стратегии и применяя абстрактные понятия.

Ни для кого не секрет, что технологическое отставание ухудшает экономические и политические перспективы любого государства, поэтому в ближайшие годы все ведущие страны будут втянуты в гонку инновационных технологий. Внедрение технологий искусственного интеллекта позволяет обеспечить значительные экономические преимущества за счет эффективного перераспределения энергетических и других ресурсов и обеспечивает безопасность в производственной и информационной сферах, а также в военно-технической сфере.

Это подтверждают слова из выступления президента В. В. Путина: “Искусственный интеллект-это не только будущее России, это будущее всего человечества. Здесь огромные возможности и угрозы, которые сегодня трудно предсказать. Любой, кто станет лидером в этой области, станет правителем мира.”

Рассмотрим задачи моделирования и анализа с элементами искусственного интеллекта в области энергоснабжения городских территорий.

В обозримом будущем глобальная технологическая гонка приведет к внедрению самых современных инноваций в энергоснабжение городских территорий. Это касается не только новых территорий застройки, но и существующего жилищного фонда.

Основными задачами моделирования и искусственного интеллекта в области энергоснабжения городских территорий являются:

1. Обеспечение работы системы энергоснабжения в оптимальном режиме;
2. Эффективное управление и надежное энергоснабжение потребителей;
3. Эффективное использование технических возможностей энергетического оборудования;
4. Контроль технического состояния и устранение неисправностей энергетического оборудования;
5. Локализация чрезвычайных ситуаций и чрезвычайных ситуаций;
6. Сбор данных о событиях, происходящих в энергосистеме;
7. Обеспечение рационального использования топливно - энергетических ресурсов и управление режимами энергопотребления;
8. Учет топливно - энергетических ресурсов и прогноз их потребностей;
9. Планирование технологических осмотров и ремонтов, контроль эксплуатационных параметров элементов энергосистемы.

Российская наука имеет хорошие перспективы для участия в глобальном процессе получения новых знаний в точных науках, таких как математика, физика, химия, а также для продолжения исследований в области моделирования и искусственного интеллекта. Важно отметить, что работа ученых в этой области носит закрытый характер и результаты исследований не предаются гласности.

В качестве исследовательского программного обеспечения использовался инструмент AnyLogic simulation tool для создания виртуальных имитационных сред, в том числе для тестирования систем искусственного интеллекта и машинного обучения.

Целью данной работы является разработка имитационной модели энергопотребления городских территорий на примере заданной территории с элементами искусственного интеллекта и машинного обучения. Имитационная модель основана на анализе картографических данных и результатах сбора и анализа больших данных (BIG DATA) для мониторинга энергопотребления исследуемой территории. Для каждого параметра были

выбраны и использованы индикаторы в соответствии с их назначением. Учитывалась возможность изменения модели по заданным показателям при изменении критериев.

Имитационная модель обеспечивает комплексную оценку энергопотребления территории по выбранным параметрам. Разработанная модель имеет следующие характеристики:

- простота и доступность модели (чтобы использовать модель или изменять входные параметры пользователю не нужно обладать навыками программирования);
- выбор среды, позволяющей подключать внешние источники данных;
- возможно изменение значений показателей;
- универсальность конечной модели (не требуется специального платного программного или технического обеспечения);
- модель учитывает и отображает динамические изменения, вносимые пользователем;

Разработанная модель позволяет визуально оценить городскую территорию по энергопотреблению и отобразить графическую и текстовую интерпретацию требуемых данных в удобном для анализа виде. Использование элементов ИИ и машинного обучения на реальных данных позволяет получать прогнозные значения энергопотребления различных городских территорий, однако полученные результаты требуют дальнейших исследований для формирования полномасштабной модели, учитывающей помимо энергопотребления множество других влияющих факторов.

Модель позволяет прогнозировать изменение исследуемых параметров во времени, а также сравнивать и оценивать данные на соответствие нормативным требованиям. Кроме того, есть возможность моделировать различные ситуации по усмотрению пользователя с последующим детальным анализом данных по каждому объекту.

Наиболее популярными областями применения разработанной модели, приносящими наибольший эффект, являются задачи:

- прогнозирование (изменение потребления, состояние оборудования и др.);
- оптимизация (потребления, сетей, параметров работы элементов энергосистемы и др.);
- контроль (источников энергии и аккумуляторов, освещения и т. д.);
- связь (энергоснабжающие организации с потребителями).

В заключение следует отметить, что спрос на практическое применение средств моделирования и искусственного интеллекта в энергоснабжении территорий связан, во-первых, с использованием возобновляемых источников энергии, интеллектуализации производства, передачи и потребления энергии (smart technology), а во-вторых, с цифровизацией вызванной растущей потребностью в анализе и мониторинге данных (BIG data), и использованием новых технологий (например, блокчейн, беспилотных устройств и др.).

Список литературы

1. Гаряева В.В. Разработка методики создания имитационной модели обеспечения удаленных объектов материалами и конструкциями Научное обозрение. 2016. № 9. С. 239-251.
2. Гранкин С.Л., Гаряев Н.А. История и принципы технологии создания веб-приложений и веб-сервисов ASP.NET Научное обозрение. 2015. № 14. С. 241-244.
3. Garyaev N., Garyaeva V. Big data technology in construction E3S Web of Conferences (см. в книгах). 2019. С. 01032.
4. Garyaev P.N. Computer-aided zoning and urban planning. Computing in Civil and Building Engineering Proceedings 2014 International Conference. 2014. С. 1618-1625.

05.13.01

Н.А. Гаряев канд. техн. наук, Ф. Айюб

ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет",
кафедра Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве,
Москва, garyaev@mgsu.ru

ПОЭТАПНОЕ ВНЕДРЕНИЕ В ПРОЕКТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В работе представлены результаты анализа развития современных информационных технологий и план реализации внедрения информационных технологий на этапе строительного проектирования.

Ключевые слова. Информационное моделирование, проектирование зданий, управление процессами, производительность строительства, управление строительством.

При разработке поэтапного плана внедрения информационных технологий проектирования прежде всего необходимо учитывать цели внедрения BIM в организации, что позволит адекватно оценить необходимость перехода к проектированию с использованием BIM-технологий. Такой переход оправдан, если заказчику нужна информационная модель или формат BIM указан в техническом задании на проектирование.

В настоящее время многие инжиниринговые фирмы столкнулись с тем, что в технических заданиях помимо обычного состава проектной и рабочей документации указывается необходимость создания BIM-модели, поэтому переход к информационному моделированию становится важнейшим аспектом обеспечения конкурентоспособности на современном рынке проектирования и строительства.

Помимо обеспечения процесса проектирования современным аппаратным и программным обеспечением для создания цифровой модели здания, необходимо знать, как реализовать эту новую технологию с учетом специфики проектирования объектов, насыщенных инженерным оборудованием и системами. Например, в случае проектирования криволинейных конструкций в промышленных и гражданских зданиях, как правило, это дорогостоящие изделия, стоимость отказа в проектировании которых очень высока, трехмерное отображение BIM позволяет моделировать различные варианты сопряжения элементов конструкций с инженерными системами. Визуализация трехмерной модели позволяет сделать эти системы жизнеспособными, то есть спроектировать их таким образом, чтобы избежать возможных столкновений между конструкциями и инженерными коммуникациями при строительстве и последующей эксплуатации объектов.

Важной задачей на этапе планирования внедрения BIM является необходимость осуществления совместной работы между частями проекта. Это одна из самых сложных задач при внедрении BIM, так как непросто наладить обмен данными и объединить их в единое целое, однако новые технологии преобразования форматов данных в процессе их обмена и агрегирования позволяют оптимизировать этот процесс и минимизировать количество распространенных ошибок проектирования - тех же пересечений коммуникаций с несущим каркасом и между собой, выявляя и устраняя их на этапе проектирования. Кроме того, появляется возможность автоматизировать расчет объема материалов. После реализации модели любого объекта можно рассчитать объемную площадь, количество конструкций в проекте и так далее по всем параметрам, которые могут понадобиться, что является неоценимым подспорьем проектировщику при автоматическом составлении сметы и ведомостей.

Таким образом, формирование плана и постепенное внедрение информационных технологий BIM-проектирования становится одной из основных задач проектной организации.

В представленной работе предпринята попытка сформировать примерную структуру плана внедрения BIM.

Следует отметить, что предлагаемый план, безусловно, должен быть изменен, усовершенствован и дополнен на основе практики использования.

План имеет следующие цели:

- на основе анализа многолетнего опыта внедрения САПР и BIM-технологий в строительстве предложить наиболее эффективное внедрение BIM-информационных технологий в проектную практику;
- организация подготовки специалистов различных специальностей, участвующих в реализации BIM-проектирования, на основе формирования учебных планов и рабочих программ курсов повышения квалификации;
- повышение производительности проектных работ за счет создания стандартизированных процессов информационного моделирования;
- формирование оптимизированной информационной среды для BIM-проектирования на основе различного программного обеспечения, в том числе узкоспециализированного;
- разработка практических рекомендаций по обеспечению единообразия проектной информации.

Следует отметить, что разработка и реализация плана должны осуществляться специалистами, имеющими необходимый опыт и квалификацию.

ШАГ 1. Переход от автоматизированного проектирования к информационному проектированию BIM. (Закладывает основу для внедрения BIM.)

На первом этапе проводится аудит предприятия:

- Проведение интервью с менеджерами для определения целей и задач внедрения BIM-технологии (лично или дистанционно).
- Интервью с ключевыми специалистами для понимания существующих технологий проектирования и совместной работы и выявления их сильных и слабых сторон (лично или дистанционно).
- Сбор информации о характеристиках выполняемых работ и зрелости BIM-технологий в компании заказчика.
- Анализ: формат взаимодействия между подразделениями, стандарты проектирования материалов для проектной документации, специфика проектируемых объектов, источники информации для BIM-модели.
- Выбор объекта для пилотного проекта из наиболее типичных объектов заказчика.
- Подготовка детального описания услуг по внедрению BIM-технологий, в том числе N-D многомерного моделирования.

Подробное техническое задание дает исполнителю и заказчику одинаковое представление о том объеме работ, который предназначен для реализации проекта внедрения.

По результатам аудита разрабатывается и утверждается техническое задание на внедрение и переход на BIM-технологию.

ШАГ 2. Обучение и тестирование BIM-технологии

Обучение строится как непрерывный процесс, сопровождающий внедрение и поддержку. Используются различные методы обучения сотрудников в зависимости от уровня знаний и опыта работы с программным обеспечением. Обучение начинается с Базового уровня (2-3 дня) и заканчивается Специализированным уровнем (5-15 дней), после каждого уровня проверяются полученные знания.

Обучение конструкторов предполагается проводить поэтапно, из сформированных групп специалистов различных направлений.

Для первой части реализации тренинг включает в себя следующие примерные шаги:

1. Вступительное тестирование сотрудников

2. Разработка индивидуальных учебных курсов и программ по результатам вступительного тестирования.

3. Организация и проведение обучения сотрудников по тематикам:

- Создание семейств
- Совместная работа с документами
- Регистрация рабочей документации
- Процедуры обмена совместимыми данными.
- Базовый анализ на основе моделей: визуализация, обнаружение столкновений, 2D-и

3D-расчеты.

- 4D, 5D, 6D и 7D технологии моделирования.

4. Тестирование и анализ эффективности работы сотрудников.

В конце курса обучающиеся проходят обязательное тестирование для определения качества усвоения новых знаний.

ШАГ 3. Масштабирование BIM технологии для всех участников процесса

Целью данного раздела является разработка интероперабельности, интеграции данных и инженерных расчетов путем

- распространения стандартов моделирования на новые типы проектов.
- внедрения передовых технологий управления инженерными данными, интегрированных в коллективный производственный процесс.
- обращения большего внимания на обмен информацией и метаданными.
- выполнения новых видов расчетов и анализа, таких как бюджетирование и планирование (4D и 5D-моделирование).

Редизайн технологии в другие проектные группы может быть осуществлен с привлечением специалистов САПР или с участием специалистов подрядчика, в зависимости от выбора заказчика.

ШАГ 4. Эксплуатация и интеграция BIM-технологий

Создание интегрированной среды для всех специалистов, позволяющей эффективно выполнять проекты, проводить технические расчеты и управлять эксплуатацией объектов что обеспечивает:

- высокий уровень управления с акцентом на качество и простоту использования.
- повсеместное использование BIM-моделей и стандартов в силу их стабильности и с высокой эффективности и выгоды, включая экономическую.
- переход сотрудничества на более высокий уровень. На основе этой модели предлагаются расширенные услуги, повышается их доступность и обеспечивается их актуальность.
- появление возможностей для более полного анализа экологических показателей проекта на всех этапах его жизненного цикла - от проектирования до организации работ.

При реализации плана внедрения необходимо запланировать серию встреч проектных групп, на которых будут обсуждаться ключевые вопросы.

Подводя итог, следует отметить, что представленный пошаговый план внедрения технологии информационного моделирования при использовании проектной организацией может быть изменен и дополнен в соответствии с особенностями выполняемых задач и проектов, однако такая разработка позволяет значительно сократить сроки внедрения BIM-технологий.

Список литературы

1. *Гаряева В.В.* Разработка методики создания имитационной модели обеспечения удаленных объектов материалами и конструкциями Научное обозрение. 2016. № 9. С. 239-251.
2. *Гранкин С.Л., Горяев Н.А.* История и принципы технологии создания веб-приложений и веб-сервисов ASP.NET Научное обозрение. 2015. № 14. С. 241-244.
3. *Garyaev N., Garyaeva V.* Big data technology in construction E3S Web of Conferences (см. в книгах). 2019. С. 01032.

05.13.01

В.В. Гаряева канд. техн. наук

ФГБОУ ВО "Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет",
кафедра Информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве,
Москва, garyaevavv@mgsu.ru

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА БАЗЕ BIM МОДЕЛИРОВАНИЯ

В работе представлены результаты анализа устойчивого строительства с целью повышения энергоэффективности зданий с учетом роли информационного моделирования здания (BIM)

Ключевые слова. Информационное управление зданием, управление процессами, устойчивое строительство, производительность строительства, управление строительством.

Введение.

Сегодня спрос на устойчивое строительство растет в связи с необходимостью комплексного решения экологических проблем. При создании ландшафтов, возведении зданий и инженерных сооружений, их реконструкции или сноса требуется минимизация ущерба для окружающей среды и рисков для здоровья человека, оптимальное использование всех видов ресурсов. В некоторых частях мира устойчивое строительство уже широко распространено. Устойчивое строительство пользуется спросом у архитекторов и проектировщиков, у заказчиков и жителей, как поддерживающее здоровую экономику позволяющее и обеспечивать экологичность объектов, уменьшающее временные и денежные затраты.

Для России эта тема нова и еще практически не опробована в реализации, но необходимость перехода и внедрения устойчивого строительства в России уже осознается на государственном уровне. Так согласно стандарту ISO 21930: 2017: Sustainability in construction and civil engineering - устойчивое строительство означает «проектирование и строительство, способствующее созданию и здоровой жизни устойчивых городов, устойчивых регионов и стран, устойчивого общества или обеспечению устойчивого развития общества».

Реализация новых требований к строительству требует комплексного интегрированного подхода, поскольку любой объект строительства, представляет собой сложный комплекс «интегрированных систем». Таким образом, интеграция внутри и между строительными системами, включая планировку помещений, выбор конструктивного решения, электрических и инженерных сетей и оборудования имеет важное значение для достижения требуемых характеристик устойчивого здания. Также важна интеграция строительных систем с внешними условиями и функциями.

Обеспечение устойчивого строительства — это обеспечение: таких параметров как энергоэффективность, качество воздуха в помещении в основном естественной вентиляцией, должные уровни акустики, освещения и инсоляции, использование максимально экологичных и возобновляемых материалов, при обеспечении архитектурной и пространственной целостности. Кроме обеспечения структурной целостности и безопасности, существует ряд ограничений, продиктованных индивидуальными особенностями объекта, например, сейсмостойкость, ремонтпригодность и другие.

Снижение затрат на проектирование и строительство, быстрая окупаемость инвестиций, увеличение рыночной стоимости и минимальные затраты на техническое обслуживание и эксплуатацию являются одними из определяющих факторов экономической приемлемости здания.

Для обеспечения устойчивого строительства зданий решения, принимаемые на этапе проектирования при выборе строительных конструкций и инженерных систем, должны учитывать их долговечность, надежность и гибкость, обеспечивая при этом соблюдение соответствующих строительных и экологических стандартов. Решения, принимаемые профессионалами, участвующими в процессе проектирования, строительства, эксплуатации, реконструкции и сносе зданий, требуют итеративного подхода. Такой подход обеспечивает объективность, ясность, коммуникацию, инновации, информированное принятие решений и профессионализм.

Однако в строительной отрасли преобладают неэффективная координация и плохая коммуникация между работниками. Такая практика приводит к фрагментарному планированию, возникновению проблем на этапе проектирования, строительства и эксплуатации, плохому принятию решений и задержкам в процессе принятия решений, а также высокой стоимости ликвидации допущенных ошибок.

По сути, взаимодействие между специалистами означает обмен информацией. Хранилище, которое эффективно управляет информацией и знаниями в процессе проектирования зданий, будет способствовать устойчивости строительства. Информационное моделирование (BIM) обеспечивает такое хранилище.

Роль BIM в процессе обработки и управления информацией для обеспечения устойчивого строительства.

Объединение всевозможной информации о здании с его трехмерной моделью приводит к созданию BIM-модели. BIM-репозиторий находится в n-измерениях: 3D-модель описывает местоположение и совмещение всех систем объекта строительства, с учетом возможных коллизий; 4D-модель связана со временем, она обеспечивает планирование, управление строительством, а также визуализацию графиков проектов; 5D- предоставляет информацию об объеме и прибыли в режиме реального времени; 6D-связана с техническим обслуживанием и эксплуатацией и компилирует всю информацию, полученную в процессе строительства здания. Таким образом, BIM-хранилище, которое может быть облачным, содержит информацию из многих баз данных и программного обеспечения, доступную всем заинтересованным участникам по имени пользователя и паролю в любое время, на любом этапе жизненного цикла здания (планирование, проектирование, строительство, техническое обслуживание и эксплуатация, реконструкция, снос). BIM-репозиторий обеспечивает легкий доступ к актуальной информации и данным.

Этап планирования

Градостроительство — это процесс проектирования и формирования городов, поселков и сел на основе установленной нормативной базы- с разработкой генерального плана. Информация о генеральном плане и городском проектировании - в BIM 3D, 4D, 5D и 6D, хранящаяся в BIM-репозитории и будет полезна не только на этапе планирования, но и на более поздних этапах проектирования зданий.

Этап проектирования

Информация, генерируемая и хранящаяся в BIM-репозитории на этапе планирования, управляет действиями на этапе проектирования. Основная задача на этапе проектирования - обеспечение разработки архитектурно-конструкторских решений, включая выбор строительных конструкций и инженерных систем, необходимых для обеспечения функциональности, устойчивости и пригодности здания, технического обслуживания и эксплуатации, а также безопасности. Решение, принимаемое на стадии проектирования, должно учитывать конструктивность, а также эффективность и ремонтпригодность проекта в условиях ограниченного времени и ресурсов. Информирование и коммуникация специалистов разных профилей необходимы для итеративного процесса проектирования.

BIM обеспечивает совместную среду для обмена информацией и данными на этапе проектирования.

Этап строительства

На данном этапе происходит реализация задуманных идей и намерений в отношении устойчивого строительства и здесь очень важна, производительность. В строительстве под «производительностью этапа строительства» подразумевается количество получаемой продукции строительства из набора ресурсов таких как, материалы, персонал, техника и оборудование, а также управление расходом ресурсов. Используемые в конкретный период, все перечисленные ресурсы имеют стоимостное выражение. Высокая производительность, создаваемая с наименьшим количеством ресурсов, без учета экономических затрат, неэффективна.

Для повышения производительности труда на этапе строительства ресурсы (затраты) должны непрерывно отслеживаться и корректироваться. Методы управления включают сбор данных и контроль производства, результатом является улучшение планирования снабжения материалами, техникой, трудовыми ресурсами и соблюдение очередности этапов производства и безопасности работ.

Использование BIM-модели на данном этапе обеспечивает обратную связь и контроль, позволяя постоянно измерять и оценивать эффективность строительства, а также корректировать и обеспечивать взаимодействие участников процесса, что способствует совершенствованию управления и повышению производительности труда.

Заключение и будущее направление исследований

Таким образом, BIM-моделирование, и последующее использование полученной модели строительного объекта, имеет решающее значение в продвижении и обеспечении задач устойчивого строительства. Поскольку BIM управляет информацией, полученной в процессе работы специалистов, участвующих в обеспечении устойчивого строительства, позволяет разрабатывать многовариантные решения и выбирать наиболее подходящий вариант. Управление данными позволяет распространять опыт успешного решения задач устойчивого строительства для одного объекта на множество подобных объектов. Также BIM обеспечивает распространение решений одних задач устойчивого строительства, на другие подобные задачи для достижения эффективности. Необходимость обеспечения требуемых целевых показателей производительности при одновременном обеспечении долговечности, надежности и гибкости также требует наличия информационного хранилища, координирующего все данные, генерируемые в процессе проектирования.

Документирование процесса проектирования зданий имеет важное значение для постоянного повышения качества строительства. BIM-репозиторий предоставляет возможность для обмена, распространения и применения актуальной информации, которая одновременно доступна разработчику, строителям и владельцу на всех этапах строительства и эксплуатации здания.

Использование BIM-модели повышает производительность и качество проектирования за счет увеличения числа рассматриваемых задач. Эти задачи включают в себя участие команд, анализ рисков и развитие бизнеса, управление изменениями, логистическое планирование, вариативность оценки и анализ конструктивных и инженерных решений, анализ данных, координацию проектирования и строительства, финансовый менеджмент, установку оборудования, ввод в эксплуатацию и безопасность в управлении объектами.

Список литературы

1. *Гаряева В.В.* Разработка методики создания имитационной модели обеспечения удаленных объектов материалами и конструкциями Научное обозрение. 2016. № 9. С. 239-251.
2. *Гаряева В.В., Горяев Н.А.* Технологии виртуальной реальности в строительстве. В сборнике: Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы. Сборник материалов семинара, проводимого в рамках VI Международной научной конференции. 2018. С. 43-46.
3. *Гранкин С.Л., Горяев Н.А.* История и принципы технологии создания веб-приложений и веб-сервисов ASP.NET Научное обозрение. 2015. № 14. С. 241-244.
4. *Garyayev N., Garyaeva V.* Big data technology in construction E3S Web of Conferences (см. в книгах). 2019. С. 01032.
5. *Garyaeva V.* Application of BIM modeling for the organization of collective work on a construction project В сборнике: MATEC Web of Conferences. 2018. С. 05025.

05.13.01

Г.В. Кузнецова, Т.А. Морозова, С.А. Шальнов канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»,
кафедра «Системный анализ и управление»,
Москва, azazara@rambler.ru, morozova_ta_66@mail.ru, kaf604@mai.ru

УСТОЙЧИВОСТЬ УГЛОВОГО ДВИЖЕНИЯ ПОДВОДНОГО АППАРАТА ПРИ НАЛИЧИИ КАВИТАЦИОННОГО ОБТЕКАНИЯ

В статье ставится и решается задача оценки размеров каверны, охватывающей подводный аппарат (ПА), при которых его угловое движение устойчиво.

Получены соотношения, позволяющие рассчитать координату начала допустимого замыва кормовой части и соответствующие ему число кавитации и скорость движения ПА.

Ключевые слова: кавитатор-диск, удлиненное тело, круговой замыв кормы, устойчивость, угловое движение.

Рассматриваемый подводный аппарат (ПА) имеет форму удлиненного осесимметричного тела с цилиндрической кормовой частью (рис.1).

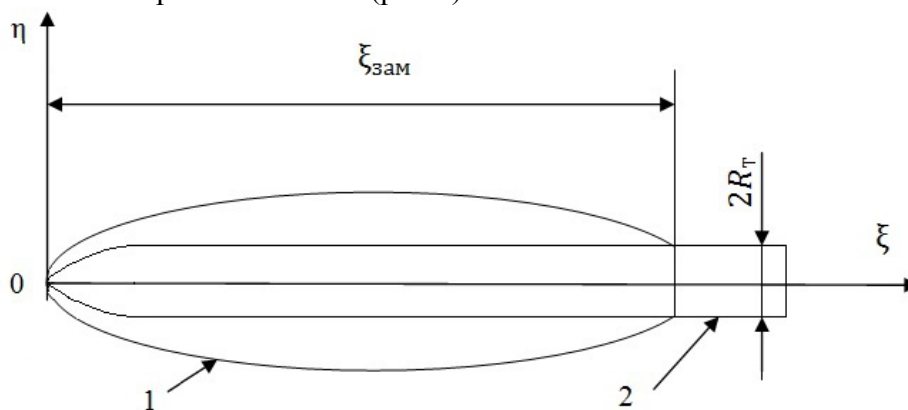


Рис. 1 – Схема движения ПА с круговым замывом кормы
(1 – граница каверны; 2 – область кругового замыва;
 R_T – радиус цилиндрической части тела)

При высокой скорости движения ПА вокруг него образуется паровая полость – каверна. Для формирования границ каверны в носовой оконечности устанавливают кавитатор, имеющий форму диска. Каверна, образующаяся за кавитатором, в зависимости от скорости и глубины движения может охватывать ПА полностью или только его часть (рис.1). Реализация режима естественной кавитации является одним из способов снижения гидродинамического сопротивления подводных аппаратов.

Наличие кругового замыва кормы, возникающего при частичном охвате корпуса ПА, проявляется в виде дестабилизирующего момента относительно поперечной оси инерционных составляющих гидродинамических сил, зависящих от объема замытой части [1]. При малых замывах стабилизирующий момент сил вязкости жидкости превышает инерционный момент, то есть величина замыва определяет устойчивость углового движения.

Известно [2, 3], что размеры каверны зависят от радиуса кавитатора-диска R_d и числа кавитации σ :

$$\sigma = \frac{2(p_H - p_K)}{\rho V^2} \quad (1)$$

где p_H – гидростатическое давление на глубине движения; p_K – давление в каверне; ρ – плотность жидкости; V – скорость тела.

При решении задачи будем считать, что каверна (образующаяся за кавитатором-диском) имеет форму эллипсоида вращения (рис. 2), а ее размеры: полудлина L_K и радиус миделевого сечения R_K определяются следующими соотношениями [2, 3]:

$$\begin{aligned} L_K &= \frac{AR_D}{6} \\ R_K &= BR_D \frac{\sqrt{1+\sigma}}{\sigma} \end{aligned} \quad (2)$$

где $A=0.192$, $B=0.925$.

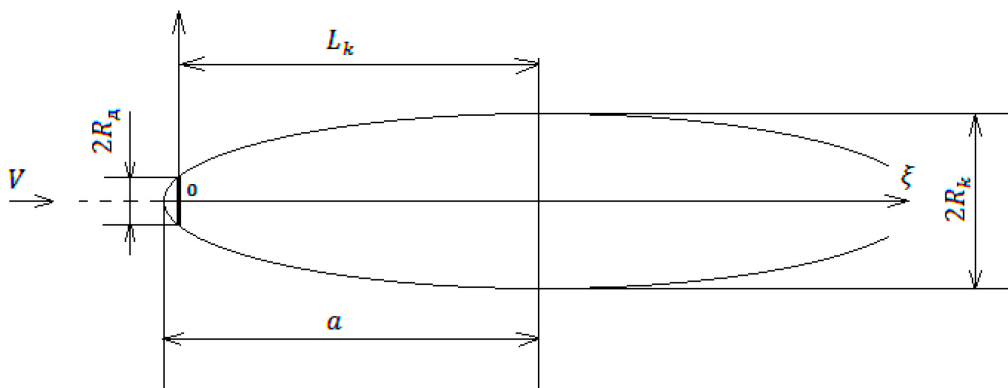


Рис. 2 – Профиль меридионального сечения осесимметричной каверны, образующейся за кавитатором-диском

На рис. 2 были введены обозначения: $0\xi\eta$ – связанная с диском система координат; a – большая полуось эллиптического меридионального сечения; L_K – полудлина каверны; R_K – радиус миделя каверны; R_D – радиус кавитатора-диска; V – скорость набегающего потока).

Будем также считать, что:

- изменение скорости и глубины движения ПА на рассматриваемом интервале времени мало, то есть $V=\text{const}$, $H=\text{const}$;
- движение происходит в продольной плоскости и кинематические параметры бокового движения могут быть приняты равными нулю;
- отрыв струй при обтекании кормы происходит в области ее среза.

В качестве параметра, определяющего величину кругового замыкания кормы, примем координату поперечного сечения каверны $\xi_{\text{зам}}$ (рис. 1).

Уравнение, устанавливающее зависимость радиусов поперечных сечений эллипсоидальной каверны от текущего значения координаты ξ имеет вид:

$$R_K(\xi) = R_K \sqrt{1 - \frac{(\xi - L_K)^2}{a^2}} \quad (3)$$

Положив в (3) $R_K(\xi) = R_T$, считая, что $R_1^2 \ll R_K^2$ и $\sigma \ll 1$, для координаты начала замыка с учетом соотношений (2), получим:

$$\bar{\xi}_{\text{зам}} = \frac{A\bar{R}_D}{6} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{\sigma}{B^2\eta^2}} \right) \quad (4)$$

где: $\bar{\xi}_{\text{зам}} = \frac{\xi_{\text{зам}}}{L}$; $\bar{R}_D = \frac{R_D}{L}$; $\eta = \frac{R_D}{R_T}$.

Как следует из (4), число кавитации $\sigma_{\text{зам}}$, соответствующее координате начала $\bar{\xi}_{\text{зам}}$, равно:

$$\sigma_{\text{зам}} = \frac{2A\bar{R}_D}{\bar{\xi}_{\text{зам}}} \left[1 - \frac{0.5A\bar{R}_D}{\bar{\xi}_{\text{зам}}\eta^2 B} \right] \quad (5)$$

Подставив в (5) значения коэффициентов $A = 1.92$; $B = 0.925$, получим:

$$\sigma_{\text{зам}} = \frac{3.84\bar{R}_D}{\bar{\xi}_{\text{зам}}} \left[1 - \frac{1.03\bar{R}_D}{\bar{\xi}_{\text{зам}}\eta^2} \right] \quad (6)$$

При анализе устойчивости будем рассматривать систему линейных однородных уравнений продольного движения при $\Delta V \equiv 0$, в которой переменными являются вариации угла тангажа $\Delta\vartheta$ и атаки $\Delta\alpha$ [4]:

$$(\bar{Y}^{\omega_z} p^2 + \bar{Y}^{\omega_z} p + \bar{Y}^{\vartheta}) \Delta\vartheta + (p + \bar{Y}^{\alpha}) \Delta\alpha = 0 \quad (7)$$

$$(-p^2 + \bar{M}_Z^{\omega_z} p) \Delta\vartheta + (\bar{M}_Z^{\alpha} p + \bar{M}_Z^{\alpha}) \Delta\alpha = 0 \quad (8)$$

где $\bar{Y}^{\omega_z}$, $\bar{Y}^{\omega_z}$, $\bar{Y}^{\vartheta}$, $\bar{Y}^{\alpha}$, $\bar{M}_Z^{\omega_z}$, $\bar{M}_Z^{\alpha}$, $\bar{M}_Z^{\alpha}$ – динамические коэффициенты, зависящие от характеристик тела и параметров его движения.

В уравнении (8) учтено, что для рассматриваемой скорости движения коэффициент $|\bar{M}_Z^{\vartheta}| \ll |\bar{M}_Z^{\alpha}|$ и принят равным нулю.

Характеристический полином системы (7) - (8) имеет вид:

$$D(p) = D_0 p^3 + D_1 p^2 + D_2 p + D_3 \quad (9)$$

где:

$$\begin{aligned} D_0 &= 1 + \bar{Y}^{\omega_z} \bar{M}_Z^{\alpha} \\ D_1 &= \bar{Y}^{\alpha} - \bar{M}_Z^{\omega_z} + \bar{Y}^{\omega_z} \bar{M}_Z^{\alpha} + \bar{Y}^{\omega_z} \bar{M}_Z^{\alpha} \\ D_2 &= \bar{Y}^{\omega_z} \bar{M}_Z^{\alpha} - \bar{Y}^{\alpha} \bar{M}_Z^{\omega_z} + \bar{Y}^{\vartheta} \bar{M}_Z^{\alpha} \\ D_3 &= \bar{Y}^{\vartheta} \bar{M}_Z^{\alpha} \end{aligned} \quad (10)$$

В соответствии с критерием Гурвица невозмущенное продольное движение при $V_s = \text{const}$, $H_s = \text{const}$, $\alpha_s = \text{const}$, $\vartheta_s = \text{const}$ (индексом S обозначены параметры невозмущенного движения) будет устойчивым по отношению к малым отклонениям $\Delta\vartheta$, $\Delta\alpha$, если коэффициенты полинома удовлетворяют следующим неравенствам:

$$D_0 > 0; D_1 > 0; D_2 > 0; D_3 > 0; D_1 D_2 - D_0 D_3 > 0 \quad (11)$$

Анализ динамических коэффициентов уравнений (7) - (8) и коэффициентов характеристического полинома (9) для аппаратов, движущихся в плотных средах, проведенный в работе [4], показал, что необходимое и достаточное условие устойчивости углового движения сводится к выполнению неравенства:

$$\bar{Y}^{\omega_z} \bar{M}_Z^{\alpha} - \bar{Y}^{\alpha} \bar{M}_Z^{\omega_z} > 0 \quad (12)$$

Динамические коэффициенты неравенства (12) имеют вид:

$$\begin{aligned} \bar{Y}^{\omega_z} &= \frac{0.5 \rho S L}{m + \lambda_{22}} (c_{y_k}^{\omega_z} \bar{l}_k - 2\mu) \\ \bar{Y}^{\alpha} &= \frac{0.5 \rho V_s S}{m + \lambda_{22}} c_{y_k}^{\alpha} \\ \bar{M}_Z^{\omega_z} &= -\frac{0.5 \rho V_s^2 S L^2}{J_Z + \lambda_{26}} c_{y_k}^{\omega_z} \bar{l}_k^2 \\ \bar{M}_Z^{\alpha} &= -\frac{0.5 \rho V_s^2 S L}{J_Z + \lambda_{26}} [-c_{y_k}^{\alpha} \bar{l}_k + 2(1 - \bar{\xi}_{зам})] \end{aligned} \quad (13)$$

где: m – масса тела; J_Z – момент инерции тела относительно поперечной оси; $S = \pi R_T^2$ – площадь цилиндрической части; $\bar{l}_k = \frac{l_k}{L}$ – относительное расстояние от центра масс до плоскости кормового среза; $\mu = \frac{m}{\rho S L}$ – коэффициент относительной плотности; $\lambda_{22}, \lambda_{26}$ – присоединенная масса и присоединенный момент инерции жидкости, зависящие от объема замкнутой части тела.

Динамические коэффициенты (13) получены в предположении, что координаты центра масс в связанной системе координат $x_T = 0$, $y_T = 0$.

С учетом выражений (13) неравенство (12) можно привести к виду:

$$(c_{y_k}^{\omega_z} \bar{l}_k - 2\mu)[-c_{y_k}^{\alpha} \bar{l}_k + 2(1 - \bar{\xi}_{зам})] > -c_{y_k}^{\alpha} c_{y_k}^{\omega_z} \bar{l}_k^2 \quad (14)$$

Разрешив неравенство (14) относительно $\bar{\xi}_{зам}$ получим:

$$\bar{\xi}_{\text{зам}} = \bar{\xi}_{\text{доп}} < 1 + \frac{\mu c_{\text{ук}}^{\alpha}}{c_{\text{ук}}^{\omega z} - \frac{2\mu}{\bar{l}_k}} \quad (15)$$

При известных гидродинамических характеристиках $c_{\text{ук}}^{\alpha}$ и $c_{\text{ук}}^{\omega z}$ величина допустимого замыва зависит от параметров $\bar{l}_k$ и μ .

Для осесимметричного удлиненного тела заостренного в носовой части и с равномерно распределенной массой (рис. 1) примем $\bar{l}_k \cong 0.5$. Рассматриваемый режим движения возможен для тела, коэффициент относительной плотности которого удовлетворяет условию $\mu \geq 1$.

На рис. 3 приведен график зависимости $\bar{\xi}_{\text{доп}}(\mu)$ для значений μ в диапазоне $\mu = 1 \dots 5$.

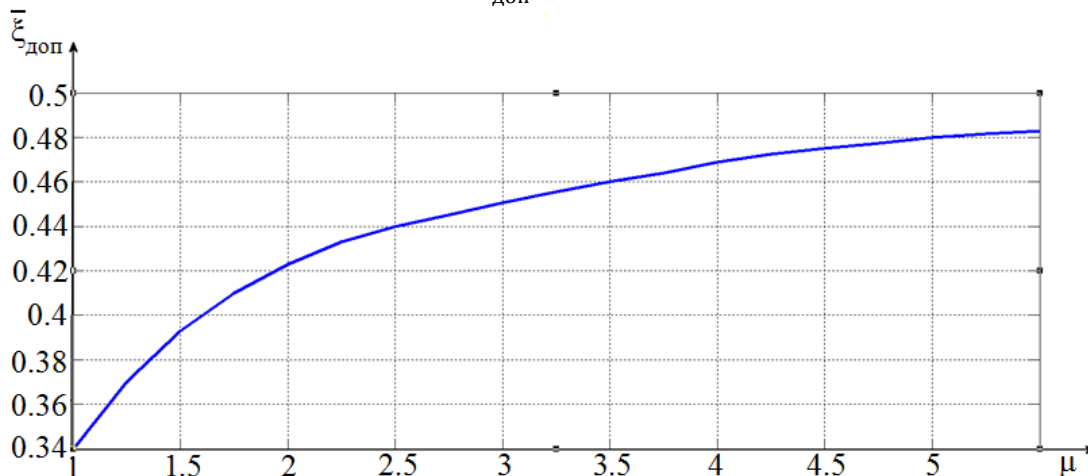


Рис. 3 – График зависимости $\bar{\xi}_{\text{доп}}(\mu)$ в диапазоне $\mu = 1 \dots 5$ ($\bar{l}_k = 0.5$)

При расчете зависимости гидродинамические коэффициенты в соответствии с [3] были приняты равными: $c_{\text{ук}}^{\alpha} = 2$; $c_{\text{ук}}^{\omega z} = 1$.

Из (15) следует, что с увеличением μ координата $\bar{\xi}_{\text{доп}}$ стремится к значению: $\bar{\xi}_{\text{доп}} = 0.5$.

По формуле (6) при подстановке в нее $\bar{\xi}_{\text{зам}} = \bar{\xi}_{\text{доп}}$ можно определить соответствующее число кавитации $\sigma_{\text{зам}} = \sigma_{\text{доп}}$. В качестве примера приведем величину $\sigma_{\text{доп}}$, рассчитанную по формуле (6) при следующих значениях входящих в нее параметров: $\bar{\xi}_{\text{доп}} = 0.45$; $\bar{R}_d = 0.01$; $\eta = 0.2$.

Допустимое число кавитации равно: $\sigma_{\text{доп}} = 0.08$.

По величине $\sigma_{\text{доп}}$ определим для заданной глубины скорость ПА, при которой реализуется рассматриваемый режим обтекания. С учетом того, что для него $p_k \ll p_n$, из соотношения (1) получим:

$$V_{\text{доп}} = \sqrt{\frac{2p_n}{\rho\sigma_{\text{доп}}}}$$

При $V < V_{\text{доп}}$ угловое движение ПА неустойчиво.

Список литературы

1. Пантов Е.Н., Махин Н.Н., Шереметов Б.Б. Основы теории движения подводных аппаратов. – Л.: Судостроение, 1973, 217 с.
2. Махров В.П. Гидродинамика кавитационных течений, формируемых гидродинамическими особенностями. – М.: Изд-во МАИ, 2011, 158 с.
3. Логвинович Г.В. Гидродинамика течений со свободными границами. – Киев.: Наукова думка, 1969, 215 с.
4. Горбатенко С.А., Руднев В.Б. Устойчивость аппаратов, движущихся в плотных средах. – М.: МАИ, 1987, 48 с.

05.13.01

В.В. Попцов

Тюменский индустриальный университет,
Институт транспорта,
кафедра «Сервис автомобилей и технологических машин»,
Тюмень, portsov.victor@mail.ru

ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА НАДЁЖНОСТЬ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ КАМАЗ-44108

Исследования посвящены проблеме влияния низких температур на надёжность двигателей КАМАЗ-740.51-300. Сформулированы цели и задачи, определён объект исследования. Разработана методика проведения эксперимента, предполагающая сбор фактического количества отказов и их причин в определённом интервале температур. Получена зависимость параметра потоков отказов двигателя от влияния низких температур. Представлены практические рекомендации и экономический эффект применения результатов исследований.

Ключевые слова: *надёжность, низкие температуры, параметр потока отказов, двигатель.*

Технологический транспорт, входящий в состав нефтяных компаний, обеспечивает бесперебойный процесс добычи нефти, участвует в текущем и капитальном ремонте скважин. Внезапные отказы транспортной техники ведут к вынужденным простоям бригад нефтяников, срывают графики их работы, что в конечном результате ведёт к росту транспортной составляющей в себестоимости добычи нефти. По этой причине повышение надёжности транспортной техники является актуальной проблемой при эксплуатации автомобилей в условиях Тюменской области.

Цель исследования - установить влияние отрицательных температур на формирование потока отказов двигателей автомобилей КАМАЗ-44108 и разработать предложения по их снижению.

Объектом исследований является процесс формирования параметра потока отказов двигателей КАМАЗ-740.300 при низких температурах окружающего воздуха.

За последние десять лет аспирантами и учёными Тюменского индустриального университета и других организаций проводились исследования, посвящённые изучению влияния различных факторов на надёжность автомобилей, их агрегатов и узлов [1, 2].

Установлены наиболее значимые факторы - это интенсивность эксплуатации и низкие температуры [2, 3]. В данной статье рассматривается влияние только низкотемпературного фактора.

В рамках данного исследования эксперимент проводился в Управлении технологического транспорта ОАО «Варьеганнефтегаз» в г. Радужный. Предприятие в своём составе имеет различные типы и марки подвижного состава.

Наибольшая доля подвижного состава приходится на автомобили КАМАЗ-44108, по которым и проводились дальнейшие исследования.

Температура окружающего воздуха в г. Радужный в течении года изменяется от плюс 30 в летний период и до минус 40°C и ниже в зимний период.

В статье представлены исследования, в ходе которых фиксировались отказы двигателей КАМАЗ-740.51-300 при различных температурах.

Задача экспериментальных исследований - подтверждение предположения о том, что отрицательные температуры окружающего воздуха негативно влияют на параметр потока отказов [2].

Методика проведения эксперимента включает в себя несколько пунктов: сбор информации по отказам двигателя с фиксацией температуры окружающего воздуха и причин отказов, обработка полученной информации, разработка рекомендаций по повышению надёжности.

Проводимый эксперимент носит пассивный характер, предполагающий оценку фактического количества отказов и их причин в определённом интервале температур в течении 2020 года.

Установлено, что основными причинами отказа двигателей является неисправность системы питания двигателя, системы смазки и системы охлаждения.

По результатам расчётов получена диаграмма отказов по месяцам в течении 2020 года (рисунок 1). В период проведения эксперимента зафиксировано 285 отказов двигателей автомобилей.

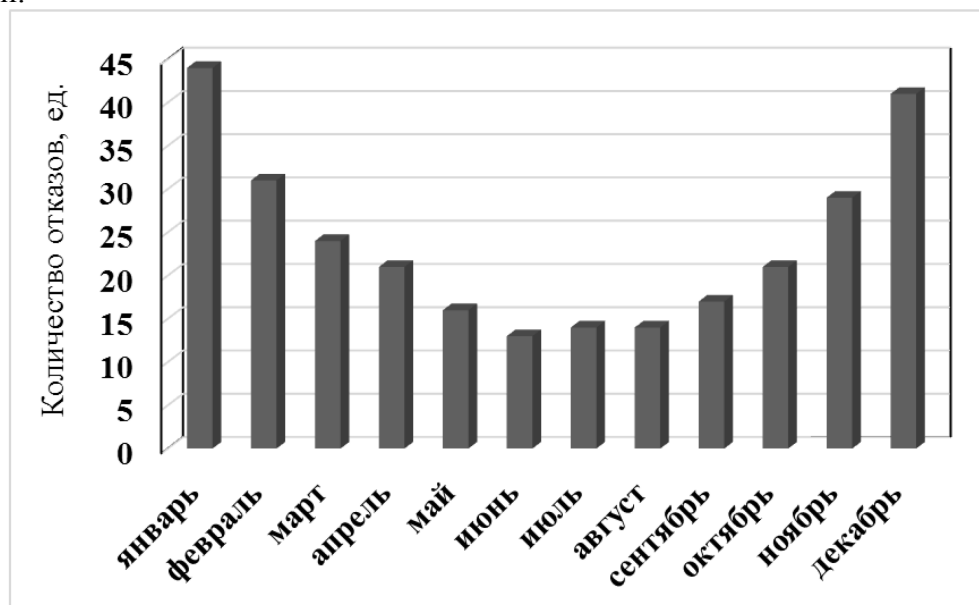


Рис. 1 – Динамика изменения количества отказов по месяцам

Следующий этап - разбиение интервала температур от 0 до минус 39⁰С на более мелкие интервалы с шагом 4 градуса.

Всего сформировано восемь интервалов температур, указана средняя температура для каждого интервала с фиксированием количества отказов и расчета параметра потока отказов. Параметр потока отказов рассчитывался по стандартной методике.

Перечисленные показатели представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Отказы двигателей при низких температурах

Интервал температур окружающего воздуха, °С	Средняя температура, °С	Количество отказов, ед.	Средняя наработка на отказ, тыс. км.	Параметр потока отказов, 1/ тыс. км
[0....-4]	-2	12	3300	0.0036
[-5....-9]	-7	13	2805	0.0046
[-10....-14]	-12	17	2585	0.0066
[-15....-19]	-17	21	2453	0.0086
[-20....-24]	-22	26	2343	0.0111
[-25....-29]	-27	33	2134	0.0155
[-30....-34]	-32	38	1738	0.0219
[-35....-39]	-37	51	1760	0.0289

На рисунке 2 представлена зависимость параметра потока отказов двигателей от влияния низких температур.

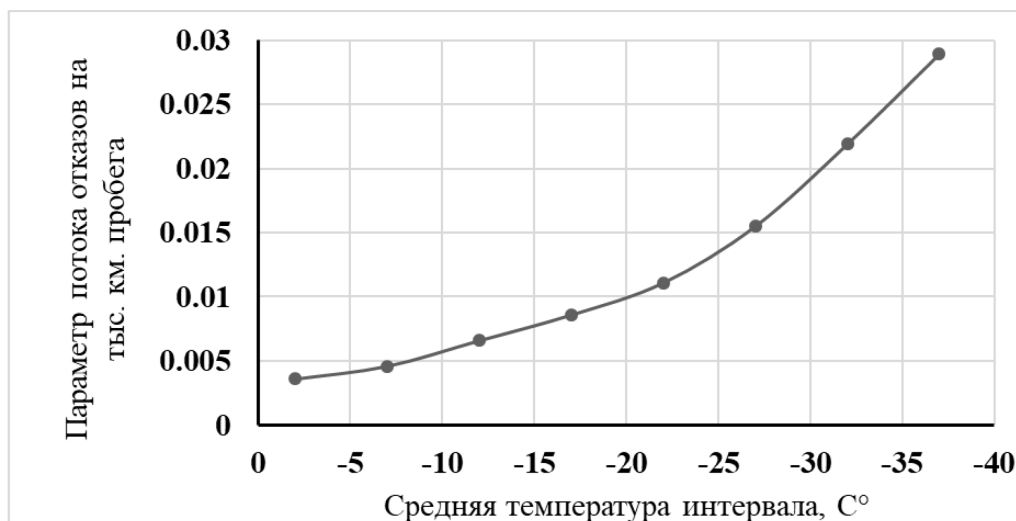


Рис. 2 – Зависимость параметра потока отказов двигателей от влияния низких температур

В результате была получена математическая модель влияния низких температур на параметр потока отказов двигателей в интервалах низких температур:

$$\omega = 0.031 \cdot e^{-0.06 t} \quad (1)$$

Величина достоверности аппроксимации равна 0,99. Получен положительный эффект, что подтверждает её статистическую адекватность

Эксперимент подтвердили гипотезу о виде математической модели, рассмотренной при теоретических исследованиях [3].

Основной причиной потери работоспособности двигателей при отрицательных температурах является отказ системы питания. При низких температурах дизельное топливо теряет текучесть, становится вязким, происходит его парафинизация. При этом забор топлива из топливного бака и его прокачка через фильтрующие элементы и топливные магистрали системы питания дизельного двигателя затрудняется или становится полностью невозможной.

В качестве практических рекомендаций предлагается применение подогревателей топливной системы на автомобилях КАМАЗ-44108. При этом необходимо внедрять весь комплекс средств подогрева основных узлов подачи топлива: топливозаборника, топливной магистрали, фильтров грубой и тонкой очистки. Это позволит снизить количество отказов двигателей в зимний период эксплуатации.

По результатам проведённых исследований можно сделать вывод, что отрицательные температуры являются наиболее значимым фактором, определяющим надёжность системы питания двигателя автомобиля КАМАЗ-44108.

Установлена закономерность изменения параметра потока отказов в зависимости от отрицательных температур окружающего воздуха и представлена математическая модель с оценкой её адекватности.

Экономические расчёты показали, что внедрение выполненных исследований окупится в течении 0,6 года. Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение влияния низких температур и других факторов на различные системы двигателя.

Список литературы

1. Мамаев Д.С., Николаенко Н.Н. Проблемы повышения надёжности систем (питания, смазки) дизельного двигателя автомобилей КамАЗ при эксплуатации в условиях низких температур // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения: военно-научный журнал. 2018. № 1 (45). С. 184–186.
2. Муратбакиев А.М. Зависимость потока отказов элементов автомобиля от температурных условий // Транспортное дело России. – 2016. - №3. – С. 88-91.
3. Зудов Г.Ю., Буслаева И.И., Лебедев М.П., Левин А.И. Работоспособность автомобиля КамАЗ в условиях криолитозоны // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 10. С. 166–177.

05.13.01

Н.А. Федюшкин, С.А. Ямашкин канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарева»,
институт электроники и светотехники,
кафедра автоматизированных систем обработки информации и управления,
Саранск, fedyushkinna@gmail.com, yamashkinsa@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕПОЗИТОРИЕВ МОДЕЛЕЙ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

В этой статье рассматривается понятие репозитория или хранилища моделей машинного обучения. Проводится предварительное исследование трех популярных репозиториев моделей нейронных сетей (AWS Marketplace, ModelDepot и Wolfram Neural Net Repository). Анализируется количество моделей машинного обучения, которые предлагает каждый из представленных репозиториев.

Ключевые слова: *AWS Marketplace, ModelDepot, Wolfram Neural Net Repository, репозиторий моделей нейронных сетей, машинное обучение.*

Последние достижения в области искусственного интеллекта, особенно в области машинного обучения (ML – Machine Learning), позволили создать приложения, ранее считавшиеся научной фантастикой (например, виртуальные персональные помощники и автономные автомобили), которые стали доступны миллионам обычных пользователей. Поскольку современные технологии машинного обучения, такие как глубокое обучение, требуют значительных технических экспертных знаний и ресурсов для создания пользовательских моделей, стало важным повторное использование существующих моделей, подготовленных экспертами. Вот почему не так давно несколькими организациями (например, Amazon и Wolfram) были представлены репозитории или хранилища моделей, которые предоставляют открытый доступ к предварительно обученным моделям и инфраструктуре для развертывания, оценки или повторного обучения.

Несмотря на этот быстрый прогресс, разработка приложений машинного обучения сильно отличается от традиционных программных приложений. Например, обычные программные приложения, такие как электронная коммерция или мобильные приложения, разрабатываются на основе спецификаций и тщательно разработанных алгоритмов, тогда как приложения ML в основном разрабатываются путем ввода данных в алгоритмы ML (также известного как процесс обучения моделей ML) с последующей интеграцией полученных моделей в обычном приложении. Обучение моделей машинного обучения может быть очень дорогостоящим, поскольку требует работы на дорогостоящем аппаратном оборудовании в течение длительного периода времени. Таким образом, аналогично импорту сторонних библиотек для разработки обычных систем, сейчас обычной практикой является повторное использование предварительно обученных моделей машинного обучения для разработки приложений машинного обучения.

Поскольку развертывание и обслуживание моделей машинного обучения по-прежнему является нетривиальной задачей, требующей глубоких знаний в области машинного обучения и системного администрирования, в различных организациях недавно были введены репозитории моделей машинного обучения, чтобы облегчить распространение и продажу моделей машинного обучения организациям или разработчикам.

В этой статье проводится предварительное исследование трех универсальных хранилищ моделей (AWS Marketplace (AWS), ModelDepot и Wolfram Neural Net Repository (Wolfram)) [1].

Концепция «хранилища моделей» является относительно новой: ModelDepot запущен в январе 2018, репозиторий нейронной сети Wolfram (Wolfram Neural Net Repository) в июне 2018, а AWS Marketplace - в ноябре 2018.

Каждое хранилище моделей имеет разную структуру (JSON для AWS, разделы HTML для Wolfram и ModelDepot) и по-разному отображает свои данные (обычно с использованием Javascript для динамического раскрытия информации). Информация обо всех моделях, предлагаемых тремя исследуемыми репозиториями моделей машинного обучения, была проанализирована относительно данных за 2019 год [2].

Разные репозитории моделей имеют разные эвристики для группировки моделей. AWS маркирует каждую модель, используя семь критериев (например, входные данные), и каждая модель может соответствовать нескольким критериям. Например, входными данными для модели компьютерного зрения в AWS могут быть изображения или видео.

Модели сгруппированы на основе их области входных данных по следующим двум критериям: (1) это общий критерий для трех репозиторий; и (2) каждая модель может принадлежать только одной входной области. В таблице 1 показано количество моделей в каждой группе.

Таблица 1 - Разбивка моделей ML по разным репозиториям моделей.

Группа		AWS	ModelDepot	Wolfram
Изображения	Количество	61 (27%)	24 (75%)	59 (75%)
	Подобные	2 (0.8%)	6 (19%)	7 (9%)
Видео	Количество	13 (6%)	2 (6%)	0 (0%)
	Подобные	-	-	-
Естественный язык	Количество	35 (15%)	5 (16%)	18 (23%)
	Подобные	-	1 (3%)	1 (1%)
Аудио	Количество	12 (5%)	1 (3%)	2 (2%)
	Подобные	-	-	-
Структурированные	Количество	107 (47%)	-	-
	Подобные	-	-	-
Всего	Количество	228 (100%)	32 (100%)	79 (100%)
	Подобные	2 (0.8%)	7 (22%)	8 (10%)

AWS содержит 231 URL, каждый из которых соответствует одной модели. Тем не менее, есть три модели, у которых есть два URL-адреса для двух разных версий. Таким образом, количество моделей AWS составляет 228. Две модели из двух разных репозиторий рассматриваются как подобные предложения, когда алгоритмы машинного обучения, наборы данных для обучения и цель (цели) совпадают.

AWS имеет наибольшее количество моделей, за ней следуют Wolfram и ModelDepot. AWS - единственный репозиторий моделей, в котором представлены модели всех пяти групп. Ни ModelDepot, ни Wolfram не содержат моделей в структурированных данных, в то время как в эту группу входит большинство (45%) моделей AWS. Большинство моделей ModelDepot (75%) и Wolfram (75%) ориентированы на изображения, что является второй по величине группой в AWS (27%). В репозиториях всех трех моделей было представлено всего несколько моделей в группе аудио и видео по состоянию на 2019 год.

Две модели машинного обучения из разных репозиторий моделей рассматриваются как аналогичные или подобные предложения, если они имеют три общих информационных элемента: алгоритмы машинного обучения, наборы данных для обучения и цели. Например, все три хранилища моделей содержат модель классификации изображений, в которой используется один и тот же алгоритм (ResNet50) и обучающий набор данных (Imagenet) [3]. Большинство моделей машинного обучения имеют такие информационные элементы на своей индивидуальной веб-странице продукта. Похожие модели ML могут не быть полностью идентичными. Например, хотя две похожие модели машинного обучения используют одни и те же алгоритмы машинного обучения, их базовые реализации могут отличаться. Результаты представлены в Таблице 1.

Количество похожих моделей в разных репозиториях очень мало. В основном это связано с привязкой к поставщику. Для переноса одной модели в разные репозитории необходимо адаптировать ее к разным фреймворкам, таким как SageMaker для AWS и язык Wolfram для Wolfram.

Исследование репозитория моделей нейронных сетей проводилось в целях получения информации для проекта, посвященного решению научной проблемы накопления и систематизации моделей и алгоритмов машинного обучения посредством разработки репозитория глубоких нейросетевых моделей для анализа и прогнозирования развития пространственных процессов с целью поддержки процесса принятия управленческих решений в области обеспечения условий устойчивого развития регионов России.

Выводы.

В этой статье представлено предварительное исследование репозитория моделей машинного обучения. Поскольку репозитории моделей появились сравнительно недавно, только около 65% элементов являются общими для репозитория моделей. Дальнейшие исследования моделей в трех репозиториях моделей машинного обучения показали, что среди хранилищ моделей очень мало предложений аналогичных моделей машинного обучения, при этом большинство моделей машинного обучения от Wolfram и ModelDepot возникло на основе исследовательских прототипов. Каждая модель в хранилище моделей содержит три компонента: исходный код, обучающий набор данных и обученные модели. Однако предоставляется мало информации о базовых распределениях данных и этапах предварительной обработки данных обучающего набора. Однако такая информация очень важна для выявления и устранения скрытой предвзятости в моделях. Например, развернутые модели машинного обучения могут работать плохо, если изображения, используемые во время обучения, являются изображениями с высоким разрешением, а изображения с более низким разрешением, снятые с мобильных телефонов, используются в производстве. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы помочь организациям или разработчикам правильно выявлять, сообщать и устранять такую предвзятость в хранилищах моделей, чтобы обеспечить удовлетворительную производительность приложений машинного обучения.

Благодарности.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации (грант № МК-199.2021.1.6)

Список литературы

1. Ямашкин С.А., Ямашкин А.А., Занозин В.В., Формирование репозитория глубоких нейронных сетей в системе цифровой инфраструктуры пространственных данных // Потенциал интеллектуально одарённой молодежи – развитию науки и образования. Материалы IX Международного научного форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников. — № 6 — г. Астрахань — 2020 — С. 370-375
2. Xiu M., Jiang Z. M. J. and Adams B., "An Exploratory Study of Machine Learning Model Stores," in IEEE Software, vol. 38, no. 1, pp. 114-122, Jan.-Feb. 2021, doi: 10.1109/MS.2020.2975159.
3. Романчук В.А., Разработка общих принципов построения репозитория искусственных нейронных сетей // Информатика и прикладная математика - № 25 - г. Рязань - 2019 - С. 80-84

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ (05.13.06)**

05.13.06

Л.А. Феоктистова канд. техн. наук, Т.В. Рзаева, А.Р. Фардеев канд. техн. наук

Казанский (Приволжский) федеральный университет

**ВОЗМОЖНОСТИ СРЕДСТВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ
ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ**

Объективные трудности при изучении начертательной геометрии возникают на уровне зрительного восприятия, когда вместо трехмерного объекта предлагается двумерная модель. Переход к трехмерной компьютерной графике снял проблему зрительного восприятия и показал несостоятельность оправдания известных трудностей в освоении методов начертательной геометрии ссылками на «недостаточную подготовленность школьников», «нежелание углубляться в предмет» и пр.

В работе показывается, что компьютерная графика является инструментом, который использует все наработки, созданные начертательной геометрией.

Ключевые слова: *Начертательная геометрия, инженерная графика, компьютерная графика, 3D-модель, AutoCAD.*

Введение.

Развитие компьютерной техники способствует ускоренному внедрению цифровых информационных технологий. В проектно-конструкторской деятельности произошли изменения. На смену чертежам и установившейся форме конструкторской документации пришел электронный формат – электронные чертежи и 3D-модели. Стандартами установлена новая терминология: электронная модель детали (ЭМД), электронная модель сборочной единицы (ЭМСЕ), электронная структура изделия (ЭСИ) и др. Электронные модели и 3D-печать пришли на смену рукотворным макетам, значительно увеличив скорость разработки и анализа проектно-конструкторской документации. На основе геометрического моделирования в САД-системе можно создать виртуальные 3D-модели геометрических объектов, деталей или сборочных единиц.

Следует отметить, что средства компьютерной графики позволяют выбирать нужные геометрические параметры объектов, изменять их размеры, ориентацию в пространстве, производить с ними требуемые операции, появляется возможность сочетать геометрические фигуры и получать разнообразные пространственные формы

Методика.

Основы графического образования формируются при изучении начертательной геометрии (НГ) и инженерной графики (ИГ). Традиционно изучение этих дисциплин направлено на формирование навыков восприятия и создания конструкторского документа – чертежа как одного из видов инженерно-графической информации [1].

Цель изучения начертательной геометрии – развитие пространственного представления и воображения, конструктивно-геометрического мышления, способности к анализу и синтезу пространственных форм и отношений на основе графических моделей пространства, практически реализуемых в виде чертежей конкретных пространственных объектов и зависимостей.

Как показывает опыт, процесс изучения начертательной геометрии является достаточно сложным делом для солидной части студентов. Изучение дисциплины начинается с абстрактных точек, прямых и плоскостей, а не конкретных объектов, что требует определенной реорганизации мышления.

Значительную трудность вызывает у студентов работа с пространственными фигурами. Развитие у студентов пространственного воображения и овладение ими пространственным мышлением одна из основных задач изучения начертательной геометрии.

Трудности при изучении начертательной геометрии возникают на уровне зрительного восприятия, когда вместо трехмерного объекта предлагается чертеж. Как показывает практика, переход к трехмерной компьютерной графике решил проблему зрительного восприятия.

Результаты обсуждений.

В процессе решения задач по начертательной геометрии, студенту зачастую трудно представить не только конечный результат, но и представить исходные геометрические объекты на чертеже. Трудности у определенной части студентов, начинаются буквально на втором этапе решения задачи. Они не могут понять, откуда возникают те или иные линии и вследствие чего, полученные точки принадлежат линии пересечения? В условиях дефицита учебного времени, когда контактная работа со студентом сводится только к аудиторным занятиям, и у преподавателя нет времени на детальное изложение материала. Как следствие создается тенденция фрагментарного изложения разделов начертательной геометрии, что в свою очередь приводит к снижению уровня и системности изложения материала. На помощь приходят компьютерные технологии. Использование графических программ, в частности 3D - моделирования, позволяет не только представить, но и наглядно увидеть конечный результат. Появляется возможность производить такие команды как вращение модели, расчленение, объединение, пересечение, перемещение и пр. Как итог, студент по изучению курса, в состоянии определять пространственную фигуру по ее проекциям, или другими словами – научиться читать чертеж [2,3,4].

Задача 1. Построить проекции линии пресечения двух треугольников ABC и DEF.

Две плоскости пересекаются по прямой линии. Для построения линии их пересечения необходимо определить две точки, принадлежащие одновременно двум плоскостям. Чтобы построить линию пересечения заданных треугольников ABC и DEF, применяется такой способ решения задачи, при котором в плоскости одного треугольника берутся две прямые, которые пересекают другой треугольник. Задача в этом случае сводится к определению точек M и N пересечения двух сторон, например, AB и CB треугольника ABC с плоскостью треугольника DEF (рис. 1).

В общем случае для нахождения точки пересечения прямой с плоскостью необходимо:

- а) через данную прямую провести вспомогательную проецирующую плоскость;
- б) построить линию пересечения вспомогательной плоскости с заданной;
- в) найти точку пересечения построенной линии с заданной прямой, которая и будет первой искомой точкой линии пересечения треугольников.

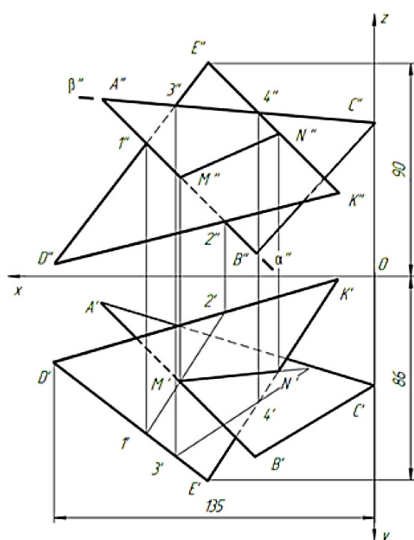


Рис. 1 – Пересечение двух треугольников

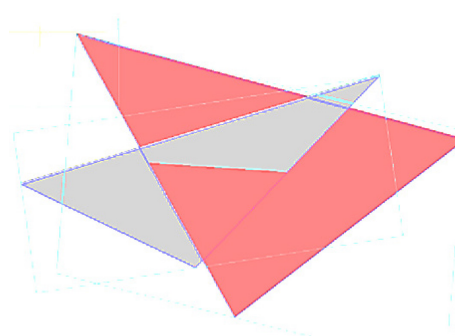


Рис. 2 – 3D модель

После решения задания вручную на чертежной бумаге студентам предлагается построить трехмерную модель треугольников в программе AutoCAD (рис.2). Используя созданную модель, студент просматривает все виды на экране и сверяет их с видами, выполненными на бумаге. При обнаружении ошибок студент вносит изменения в чертеж.

При решении задач НГ у студентов, становится значительной проблемой отсутствие навыков работы с традиционными чертежными инструментами. Другая проблема - неразвитость пространственного воображения и недопонимание учебного материала, довольно большой части студентов, как правило, учебный процесс ведется в стиле, предполагающем достаточный уровень развития пространственных представлений. Ситуация осложняется условиями значительной интенсификации подачи учебного материала при ограничении аудиторных часов. Как следствие, возникает тенденция тезисного изложения разделов начертательной геометрии, что в свою очередь приводит к снижению уровня подачи теоретического материала.

Трехмерное моделирование помогает студентам проверить правильность решения задачи и, в случае ошибки, самостоятельно разобраться и исправить погрешности. Демонстративность подачи материала способствует быстрому исправлению ошибок и оценке их характера. Такая постановка решения задач начертательной геометрии, способствует развитию пространственного воображения, прививает навыки логического мышления. Работая с двумерным чертежом, студенту легче выполнить обратную задачу – мысленно представить геометрическую форму объекта.

Как показывает практика, даже студенты со слабой графической подготовкой на занятиях по компьютерной графике работают с повышенным интересом. Умение строить простые 3D-модели формируется за 2 – 3 занятия [9].

Выводы.

Методика преподавания начертательной геометрии отработывалась в течение десятилетий, но как любая наука, она развивается, обогащается новыми формами и методами. Современные информационные технологии позволяют несколько иначе взглянуть и на методику преподавания этой дисциплины, а также на организацию учебного процесса в целом. Использование в графической подготовке студентов современных технических средств призвано сделать процесс обучения более доступным, интересным, стимулирующим студента к сознательному пониманию учебного материала.

В заключении можно предположить, что соединение компьютерных и классических педагогических технологий в процессе изучения начертательной геометрии способствует более осмысленному и более результативному овладению дисциплины.

Список литературы

1. *Volkhin K.A., Leybov A.M.* Problems of formation of the graphics competence in the system of higher professional education. *Filosofiya obrazovaniy [Philosophy of education]*. 2012, i. 4, pp. 16–22. (in Russian).
2. AutoCAD 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kavserver.ru/library/autocad2016usermanual.shtml>. – Дата доступа: 01.07.2020.
3. Autodesk free 3-years liscence. Available at: <http://www.autodesk.com/education/free-software/autocad#> (accessed 27 March 2020).
4. *Ллойд-Шеклок Нейл*, Красота по-английски: ПО Autodesk для проектирования / Нейл Ллойд-Шеклок (Aston Martin) // AUTODESK COMMUNITY. – 2013. – № 1. – С.34-35.
5. *Феоктистова Л.А., Рзаева Т.В.* Использование компьютерных технологий при решении позиционных задач по начертательной геометрии // Современный ученый. – Белгород, 2017. - № 7. С. 151-155.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (05.13.18)**

05.13.18

**А.Ю. Барыкин канд. техн. наук, Р.М. Галиев канд. техн. наук,
Р.Ф. Илдарханов канд. техн. наук, В.М. Нигметзянова канд. пед. наук,
Д.И. Нуретдинов канд. техн. наук, Р.Х. Тахавиев**

НЧИ ФГАОУ ВО «Казанский (Поволжский) федеральный университет»,
автомобильное отделение,
кафедра «Эксплуатация автомобильного транспорта»,
Набережные Челны, aleks-jb@mail.ru

**К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ
ФРИКЦИОННОГО СЦЕПЛЕНИЯ**

В статье проведено исследование процесса функционирования сцепления, применяемого в трансмиссии грузового автомобиля. Установлены факторы, влияющие на работоспособность и безотказность сцепления. Приведены уточненные зависимости расчетной модели, позволяющие повысить эффективность работы в сложных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: грузовой автомобиль, фрикционное сцепление, диафрагменная пружина, ведущий диск, выжимной подшипник, абразивное изнашивание.

Работоспособность сцепления является важной составляющей эффективности применения грузового автомобиля. В современных конструкциях трансмиссий большегрузных автомобилей применяются однодисковые сцепления с диафрагменными пружинами (рис. 1). Такие конструкции обладают рядом преимуществ по сравнению с применявшимися ранее двухдисковыми сцеплениями с периферийно расположенными цилиндрическими пружинами. Основными достоинствами диафрагменного сцепления принято считать стабильность рабочих характеристик и простоту конструкции [1].

Однако при эксплуатации фрикционных сцеплений с диафрагменными пружинами необходимо учитывать ряд факторов, которые могут привести к неисправностям деталей и отказу сцепления [2]. Причинами неисправностей, как показывает анализ, являются повышенная нагруженность сцепления из-за передачи высоких крутящих моментов одной парой дисков; высокие инерционные нагрузки, свойственные вращающимся деталям большой массы и диаметра; неравномерность осевых нагрузок в контакте выжимного подшипника с диафрагменной пружиной.



Рис. 1 – Диафрагменная пружина сцепления автомобиля КАМАЗ

Кроме того, при исследовании нагруженности сцепления необходимо учитывать фактор влияния окружающей среды. Большое разнообразие природно-климатических и дорожных условий приводит к необходимости эксплуатации грузовых автомобилей в широком диапазоне температур атмосферного окружающего воздуха [3], вследствие чего существенно меняется тепловая нагруженность деталей трансмиссии.

Применяемое на грузовых автомобилях постоянно включенное сцепление при эксплуатации в зимних условиях испытывает значительный перепад температур. С одной стороны, длительно включенное сцепление может охлаждаться до низких температур, определяемых состоянием атмосферного воздуха ($-40...-60^{\circ}\text{C}$). С другой стороны, необходимость маневрирования в сложных дорожных условиях (например, выезд из глубокой колеи методом раскачки) приводит к нагреву рабочих поверхностей дисков до $+350^{\circ}\text{C}$ и более, по данным работы [4].

Зимняя эксплуатация грузовых автомобилей в условиях Сибири и Крайнего Севера показывает, что окружающая среда заметно увеличивает нагруженность деталей силового агрегата и трансмиссии, что приводит к абразивному изнашиванию, поломкам и преждевременным отказам узлов и механизмов [5, 6]. В частности, происходят отказы выжимных подшипников вследствие ускоренного износа, поломки лепестков диафрагменной пружины, снижение эффективности работы сцепления из-за неудовлетворительного состояния накладок ведомого диска.

Ранее, в работе [7], было проведено исследование основных показателей нагруженности и установлена необходимость учёта эксплуатационного состояния муфты сцепления. Определение удельной работы буксования сцепления и нагрева ведущего диска позволяет дать оценку нагруженности сцепления в целом.

Однако для сцепления с диафрагменной пружиной необходимо введение дополнительных условий обеспечения работоспособности в исследуемую математическую модель. Авторами данной работы на основании проведённых исследований эксплуатационного состояния сцеплений грузовых автомобилей КАМАЗ предлагается следующий подход к выбору ряда конструктивных параметров диафрагменного сцепления.

Осевое перемещение выжимного подшипника (рис. 2), задаваемое деформацией диафрагменной пружины, следует определять по зависимости, учитывающей условия эксплуатации:

$$f_{pr} = l \cdot \sin \alpha + \frac{P_v}{\gamma_t \cdot c_l}, \quad (1)$$

где l - длина участка пружины от опоры на кожухе сцепления до краев лепестков; α - угол при основании конуса пружины; P_v - усилие выключения пружины; γ_t - коэффициент, учитывающий влияние окружающей среды на жесткость пружины; c_l - жесткость пружины.

Напряжение изгиба, действующее на лепесток пружины в опасном сечении, определяется по формуле [1], уточнённой для тяжёлых условий нагружения:

$$\sigma_i = \frac{P_v \cdot b_l}{k_l \cdot n_l \cdot W_i}, \quad (2)$$

где b_l - рабочая длина лепестка пружины (рис. 1); k_l - коэффициент, учитывающий неравномерность прижатия лепестков пружины при выключении сцепления; n_l - число лепестков пружины; W_i - момент сопротивления изгибу, определяемый для сечения лепестка.



Рис. 2 – Выжимной подшипник диафрагменного сцепления КАМАЗ

Давление на фрикционные накладки ведомого диска следует находить по зависимости:

$$p_x = 0,5 \cdot \frac{P_{\max}}{\Psi_{fn} \cdot S_{fn} \cdot n_i}, \quad (3)$$

где $P_{\max}$ - осевое усилие, создаваемое при действии максимального момента (момента сцепления); Ψ_{fn} - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения давления по поверхности накладок ведомого диска из-за его коробления, износа накладок и других эксплуатационных факторов; S_{fn} - площадь поверхности трения (фрикционных накладок, контактирующих с ведущим диском или маховиком), n_i - число ведомых дисков.

Выбор конструктивных параметров сухого фрикционного сцепления с диафрагменной пружиной по зависимостям (1)...(3) позволяет, по мнению авторов, повысить вероятность безотказной работы трансмиссии грузового автомобиля при отрицательных температурах атмосферного воздуха и обеспечить требуемую работоспособность в сложных природно-климатических и дорожных условиях

Список литературы

1. *Осепчугов В.В., Фрумкин А.К.* Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета: Учебн. для студ. вузов по спец. «Автомобили и автомобильное хозяйство». – Москва: Машиностроение, 1989. – 304 с.: ил.
2. *Макушин А.А.* Изменение состояния элементов сцепления в процессе эксплуатации и их влияние на работоспособность двигателя и трансмиссии автомобиля / А.А. Макушин, А.Т. Кулаков, Ш.С. Хуснетдинов, Р.И. Гарипов // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы: Материалы II Всероссийской научно-технической конференции, 23-24 ноября 2012 г. / Под ред. к.т.н., доцента А.В. Шашка / Рубцовск: Рубцовский индустриальный институт, 2012. – С. 131-135.
3. КАМАЗ 5360, 5460, 6460, 6520. Руководство по эксплуатации / Сост. Нешумова Т.Н. Под общ. ред. Васина В.В. - Набережные Челны, ОАО «КАМАЗ», 2003.
4. *Гусаков Н.В.* Конструкция автомобиля. Шасси / Н.В. Гусаков, И.Н. Зверев, А.Л. Карунин [и др.] // Под общ. ред. А.Л. Карунина. – Москва: МАМИ, 2000. – 528 с.
5. *Курдин П.Г.* Современные проблемы эксплуатации автомобилей в условиях низких температур независимо от климатической зоны / П.Г. Курдин, Ю.К. Филиппов, В.А. Токарев // Итоговая научная конференция: (2018; Набережные Челны) [Текст]: сб-к докладов. - Набережные Челны: ИПЦ Набережночелнинского института К(П)ФУ, 2018. – С. 62-73.
6. *Барыкин А.Ю.* Эффективность работы узлов трансмиссии грузового автомобиля в условиях холодного климата / А.Ю. Барыкин, В.В. Лянденбургский, Р.Х. Тахавиев // Грузовик. – 2018. – № 8. – С. 7-10.
7. *Барыкин, А.Ю.* Математическая модель нагруженности муфты сцепления / А.Ю. Барыкин, Р.Р. Басыров, В.М. Нигметзянова, Ш.С. Хуснетдинов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – № 12. – С. 174-176.

05.13.18

¹Е.В. Поезжаева канд. техн. наук, ²С.Э. Шаклеина канд. техн. наук, ¹Д.Н. Кучев¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь,²Пермский национальный исследовательский политехнический университет
(Березниковский филиал),
кафедра Технологии и механизации производств,
Березники, tmp@bf.pstu.ru, kuchevedmitri@yandex.ru

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИОННОГО МАТЕРИАЛА В ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЛОСКИХ КРЫШЕК И ДНИЩ АППАРАТОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД ВНУТРЕННИМ ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ

Актуальность исследования: в настоящее время на производственных предприятиях используется большое количество аппаратов цилиндрической формы, работающих под внутренним избыточным давлением различной величины. Однако, на данный момент нет исследований, посвящённых определению выбору оптимального материала при проектировании и разработке аппаратов, работающих под внутренним избыточным давлением. Данная ситуация грозит необоснованным выбором материала, что может привести в конечном итоге к авариям и простоям производств, использующих данный вид аппаратов, т.к. многие из них зачастую нагружаются внутренним избыточным давлением, имеющие немалую величину. В работе представлена проблема выбора материала на стадии проектирования аппаратов, работающих под внутренним избыточным давлением в различных отраслях производства химической, нефтегазоперерабатывающей и других отраслях промышленности. Объект исследования: аппарат цилиндрического типа с набором плоских крышек из различных материалов. В ходе исследования разработана физическая модель для проведения экспериментов по определению напряжений и перемещений в плоских крышках и днищах цилиндрических обечаек, работающих под внутренним давлением. Методы исследования: эмпирический, численно-аналитический метод конечных элементов. Приведена методика расчёта плоских крышек для определения перемещений и напряжений. Получены экспериментальные и численно-аналитические данные в ходе анализа выбора конструкционного материала, которые указывают на востребованность новой расчётной методики плоских крышек аппаратов, работающих под внутренним избыточным давлением, которая будет учитывать многие прочностные характеристики материала. Результаты исследования. Получены зависимости напряжений и перемещений для каждого конструкционного материала крышки плоской конфигурации от внутреннего избыточного давления. Обоснован выбор конструкционного материала при проектировании плоских крышек.

Ключевые слова: плоская крышка, плоское днище, напряжённо-деформированное состояние, аппараты высокого давления, компьютерное моделирование, численные методы.

Актуальность. В химическом и нефтегазовом машиностроении широко применяют пластинчатые системы. Они обладают рядом статических и технологических достоинств. Благодаря контакту по всему контуру или по большей его части, пластины отличаются высокой несущей способностью, так как под действием нагрузки изгибаются в двух направлениях, и их сопротивление деформациям используется значительно эффективнее, чем в балках. В пластинах достигается совмещение несущих и ограждающих функций конструкций, что приводит к экономным решениям.

Пластины являются одним из наиболее распространённых монтажных элементов сборных пространственных тонкостенных конструкций типа оболочек.

Применение пластин в качестве конструктивных форм сопряжено с необходимостью их

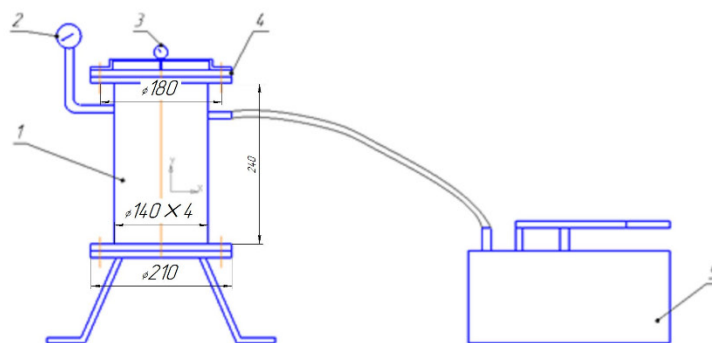
расчёта на прочность с целью обоснованного выбора толщины стенки и других параметров, от которых зависят величины напряжения и деформаций. Однако методы статического расчёта пластин, основанные на интегрировании дифференциальных уравнений в частных производных при удовлетворении краевых условий, связаны со сложным математическим аппаратом и громоздкими вычислениями.

При проектировании аппаратов с плоскими крышками и днищами возникает ряд вопросов, связанных с тем, какой материал для них применять лучше и с чем это связано. Так как при решении данной задачи должны учитываться такие аспекты как: коррозионная стойкость материала, эрозийная стойкость, способность выдерживать напряжения сверх рассчитанной нагрузки, обладать минимальными перемещениями при возникновении упругих деформаций. В соответствии с этим, в большинстве случаев, в качестве конструкционных материалов предлагаются такие материалы как: сталь Ст3, сталь 12Х18Н10Т, титан ВТ 1-0, дюралюминиевый сплав Д16. Настоящей задачей данной работы является определение материала, который будет обладать вышеперечисленными качествами на высоком уровне.

Цель работы: исследовать напряженно-деформированное состояние и перемещение тонкостенных оболочек, находящихся под действием внутреннего избыточного давления. В соответствии с поставленной задачей, на кафедре «Технологии и механизации производств» БФ ПНИПУ был изготовлен и смонтирован аппарат цилиндрической формы со сменным набором плоских крышек для испытаний (рис. 1.).



а)



б)

Рис. 1 – Аппарат цилиндрической формы: а) фото аппарата; б) схема установки.

Основным элементом конструкции является вертикальный цилиндрический аппарат 1, называемый обечайкой. Рабочее давление в аппарате создается насосом 5 и контролируется манометром 2. Под действием внутреннего давления в цилиндрической обечайке и крышке возникают деформации. После снятия рабочего давления в аппарате с помощью индикатора часового типа 3, установленного на плоской круглой крышке 4, определяется прогиб крышки.

Крышки аппарата выполнены из металлических материалов, механические характеристики которых представлены в таблице 1. Высота каждой пластины равняется 2,1 мм.

Таблица 1 – прочностные характеристики материалов.

Материал	Модуль Юнга (способность материала сопротивляться упругим деформациям), Е, МПа	Коэффициент Пуассона (коэффициент поперечной деформации), μ	Допускаемое напряжение, МПа (при $t = 20^\circ\text{C}$)
Ст3	$1,99 \cdot 10^5$	0,28	154
12Х18Н10Т	$2,15 \cdot 10^5$	0,25...0,30	184
Титан ВТ1-0	$1,15 \cdot 10^5$	0,32	143
Дюралюминиевый сплав Д16	$0,72 \cdot 10^5$	0,31-0,34	140

Некоторые рекомендации по расчёту плоских крышек и днищ определены в источниках [1, 2, 3]. Давление внутри цилиндрического аппарата задавалось индивидуально для каждой плоской крышки. Обработка экспериментальных данных осуществлялась в соответствии с методикой [4]:

Рассмотрим цилиндрическую жёсткость пластины. Она характеризует способность пластины к деформациям, определяется по формуле:

$$D = \frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)} \quad (1)$$

Где E – модуль Юнга, МПа; h – высота крышки, мм; μ – коэффициент Пуассона.

Прогиб пластины рассчитывается по формуле:

$$\omega = \frac{qa^4}{64D} \left(\frac{5 + \mu}{1 + \mu} \right) \quad (2)$$

$$\omega_{max} \leq [\omega] = \frac{1}{5}h \quad (3)$$

Где q – нагрузка на пластину, МПа; a – радиус пластины, мм (до закрепления).

Прогиб пластины характеризует перемещение материала, он должен находиться в пределах допускаемых значений.

В результате вычисления цилиндрической жёсткости и прогиба, при $q = 0,01$ МПа получены следующие данные, представленные в табл. 2.

Таблица 2 – обработанные экспериментальные данные

Материал крышки	Цилиндрическая жёсткость пластины, Нмм	Прогиб, мм
Сталь Ст3	166643	0,25
Сталь 12X18H10T	182336	0,23
Титан BT1-0	98876	0,42
Дюралюминиевый сплав Д16	60293	0,69

Полученные результаты говорят о том, что плоская крышка из материала сталь Ст3 имеет максимальную цилиндрическую жёсткость, минимальный прогиб, а также высокое допускаемое напряжение. Максимальный прогиб возникает в плоской крышке из дюралюминиевого сплава Д16 в 0,69 мм в результате деформаций. Результаты, полученные в ходе эксперимента, могут иметь погрешности измерений, связанных с измерением прогиба, при помощи индикатора часового типа, а также с фиксацией данных. В литературе [4] представлена зависимость по определению напряжений, приходящихся на плоскую крышку:

$$\sigma_{max} = \frac{6 \cdot M_{max}}{h^2} = \frac{6}{h^2} \left(\frac{5}{24} qa^2 \right) \quad (4)$$

Где M_{max} – изгибающий момент пластины.

Представленные зависимости (1)-(4) не учитывают многих физических свойств материалов таких как: модуль сдвига материала (G), массовую плотность (ρ), предел прочности при растяжении (σ), предел текучести материала (τ). Данные параметры требуют особого внимания при определении напряжённо-деформированного состояния плоской крышки. Следовательно, представленная выше методика расчёта плоских крышек не является оптимально-актуальной при проектировании плоских крышек, требуется обоснование применения вышеуказанных параметров. При этом большое количество аппаратов в нефтехимическом производстве работает под высоким внутренним избыточным давлением, что представляет собой особо трудную задачу на стадии их проектирования. Поэтому, также требуется подтвердить результаты, полученные эмпирическим методом. Для этого использовались численные методы для определения материала плоской крышки, который позволит выдерживать максимальное давление и будет иметь минимальные перемещения среди всех исследуемых материалов.

Поставленная задача была смоделирована в программном продукте «Solidworks Simulation». Данный программный продукт использует численный метод конечных элементов, при помощи которой были получены следующие результаты (рис.3, рис.4). Метод конечных элементов делит исследуемый объект на множество небольших частей простой геометрической формы, которые называются элементами. Они в свою очередь заменяют сложную задачу множеством простых решений, что требуется рассматривать одновременно [5]. В первую очередь проводится анализ деформаций конструкции, а исходя из деформаций получают карты напряжений. При численном решении дифференциальных уравнений, программа учитывает прочностные характеристики материала: модуль сдвига материала (G), массовую плотность (ρ), предел прочности при растяжении (σ), предел текучести материала (τ).

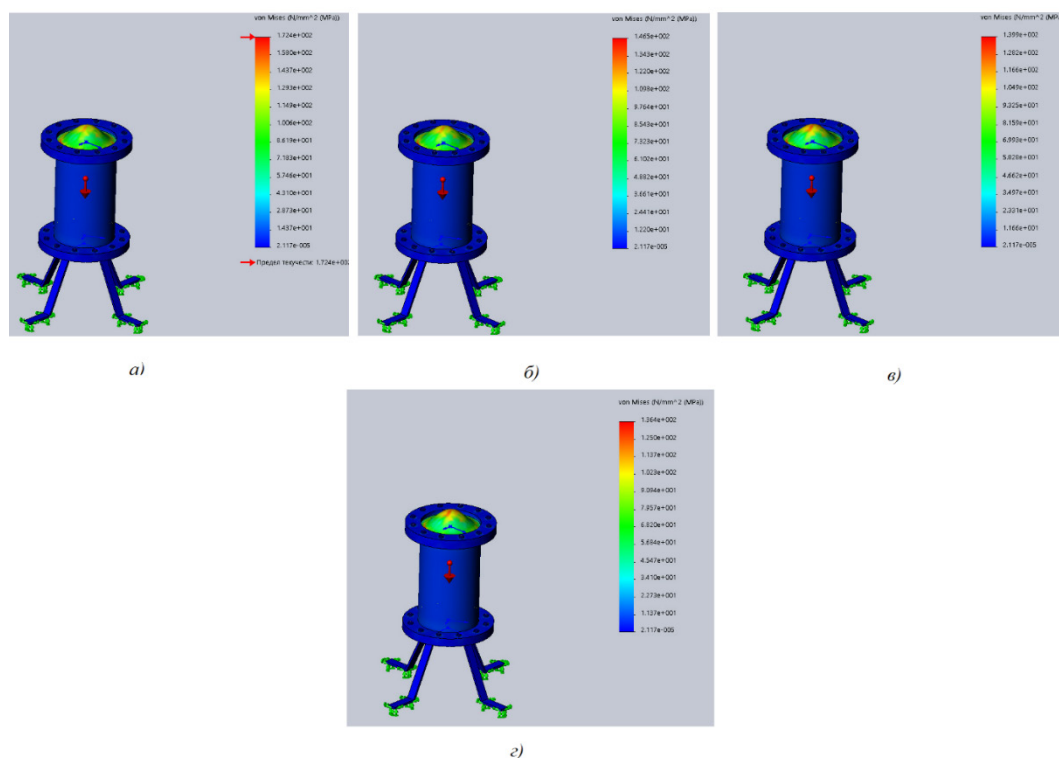


Рис.2 – Карты напряжений при максимальном допустимом давлении для каждого материала: а) Для стали 12X18H10T при давлении 0,48 МПа; б) Для стали Ст3 при давлении 0,41 МПа; в) Для титана ВТ 1-0 при давлении 0,42 МПа; г) Для дюралюминиевого сплава Д16 при давлении 0,42 МПа.

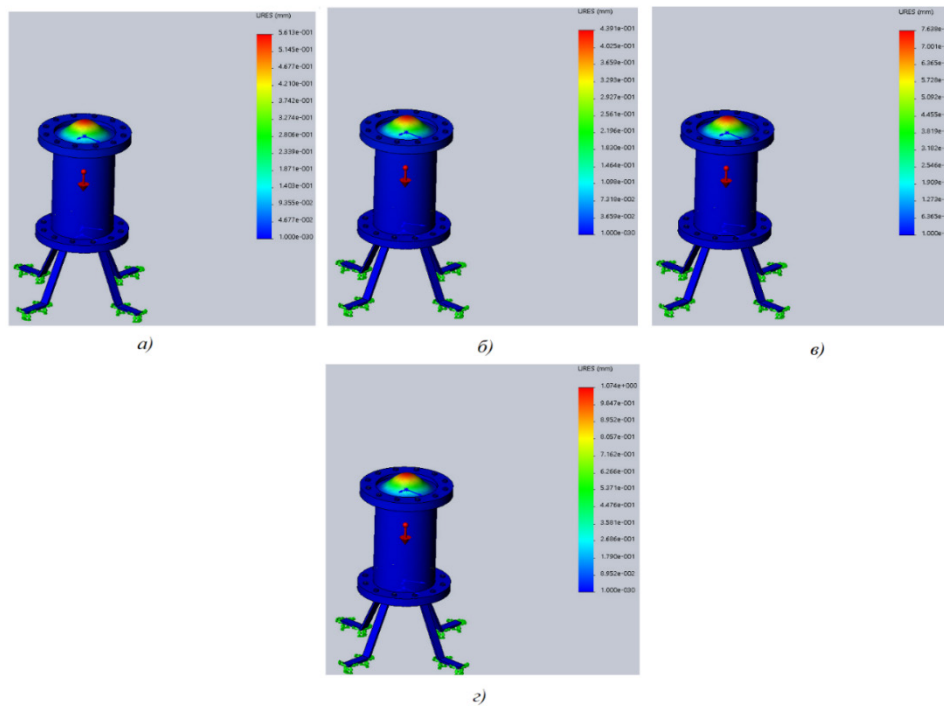


Рис.3 – Карты перемещений при максимальном допуске давлении для каждого материала: а) Для стали 12X18H10T при давлении 0,48 МПа; б) Для стали Ст3 при давлении 0,41 МПа; в) Для титана ВТ 1-0 при давлении 0,42 МПа; г) Для дюралюминиевого сплава Д16 при давлении 0,42 МПа.

Параметры расчёта модели аппарата. Материал корпуса – высоколегированная коррозионностойкая сталь 12X18H10T. Аппарат состоит из двух фланцевых соединений, которые крепятся между собой болтовыми соединениями. Закрепление аппарата осуществляется по четырём нижним опорным лапам на фланцевом соединении. Сила тяжести конструкции направлена к опорным лапам вертикально вниз. Внутри корпуса обечайки устанавливалось внутреннее избыточное давление для каждого материала плоской конфигурации индивидуальной значимости, для определения максимальных возможных перемещений. Вышеуказанные результаты напряжённо-деформированного состояния плоской крышки сведены в табл. 4.

Таблица 4 – полученные данные в ходе моделирования напряжённо-деформируемого состояния

Материал плоской крышки	Максимальное внутреннее избыточное давление, МПа	Максимальное перемещение, мм	Максимальное напряжение, МПа
Ст3	0,41	0,4391	146,5
12X18H10T	0,48	0,5613	172,4
Титан ВТ1-0	0,42	0,7638	139,9
Дюралюминиевый сплав Д16	0,42	1,074	136,4

В ходе исследования напряжённо-деформированного состояния изучалась зависимость внутреннего избыточного давления аппарата от напряжений на плоской крышке и её перемещений. Давление внутри аппарата изменяли в диапазоне от 0,1 до 0,5 МПа. Соответственно, были получены следующие зависимости (рис. 5)

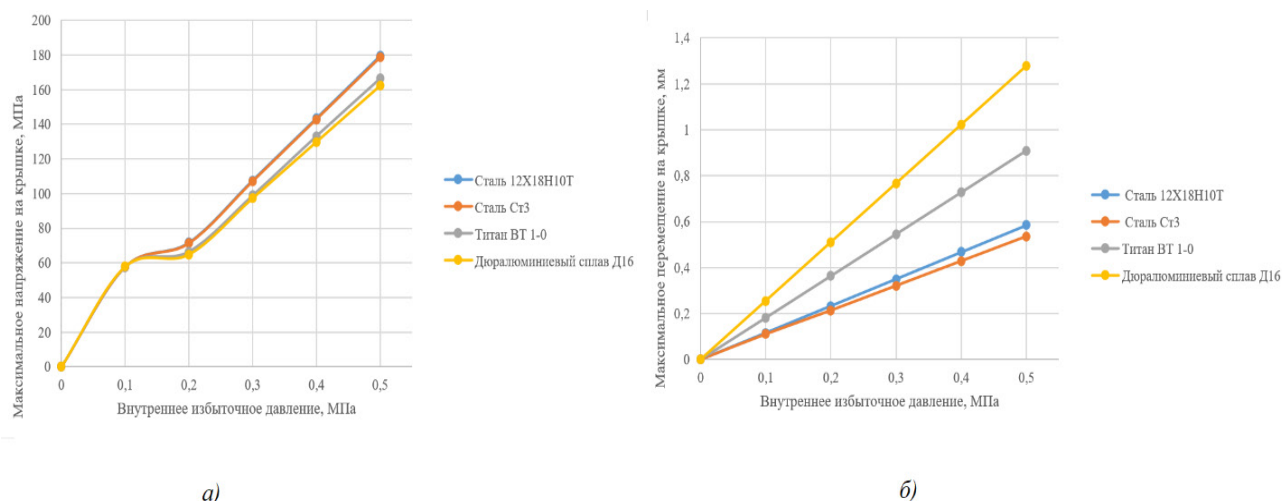


Рис. 4 – Графические зависимости: а) зависимости максимального напряжения на плоской крышке от внутреннего избыточного давления; б) зависимость максимального перемещения на плоской крышке от внутреннего избыточного давления

Графическая зависимость демонстрирует, что сталь Ст3 и сталь 12X18H10T имеют схожие максимальные напряжения на плоской крышке, при одном и том же внутреннем избыточном давлении аппарата (рис.4, а). Крышки аппарата, выполненные из титана ВТ 1-0 и дюралюминиевого сплава Д16 обладают минимальными напряжениями в сравнении со сталями, однако эти же материалы имеют и максимальные перемещения, в то время, когда крышка из стали Ст3 обладает минимальными перемещениями (рис. 4, б). Использование численных методов при проведении данного исследования показало, что предложенная выше методика расчёта перемещений, напряжений плоской крышки не является актуальной, т.к. полученные результаты в ходе численного моделирования являются отличительными от результатов, полученных в ходе эмпирического эксперимента и обработки данных по методике [4]. Численные методы учитывают такие параметры как: модуль сдвига материала (G), массовую плотность (ρ), предел прочности при растяжении (σ), предел текучести материала (τ).

Также были получены аппроксимации с использованием полинома четвёртой степени, каждой зависимости максимальных напряжений на плоской крышке от давления в табл. 5.

Таблица 5 – аппроксимационные зависимости максимальных напряжений на плоской крышке

Материал плоской крышки	Уравнение зависимости	Степень сходимости
Ст3	$y = -13815x^4 + 15238x^3 - 5348,8x^2 + 947,21x + 0,4367$	0,9976
12X18H10T	$y = -13635x^4 + 15051x^3 - 5287,7x^2 + 942,86x + 0,4355$	0,9977
Титан ВТ1-0	$y = -15919x^4 + 17567x^3 - 6170,4x^2 + 1006x + 0,5062$	0,9961
Дюралюминиевый сплав Д16	$y = -15746x^4 + 17367x^3 - 6088,9x^2 + 1002x + 0,452$	0,997

Где y – максимальное напряжение на крышке, x – внутреннее избыточное давление. Зависимости позволяют определить максимальное напряжение на крышке при любом давлении на крышке плоской конфигурации в диапазоне от 0 до 0,5 МПа.

Выводы. Исходя из опытных данных и моделирования напряжённо-деформированного состояния, минимальными перемещениями обладает плоская крышка из стали Ст3. Напряжения на плоской крышке распределяются по кольцевым окружностям, что видно из эпюр напряжений (рис. 3, а, б). Высоколегированная сталь 12X18H10T обладает максимальными допускаемыми напряжениями, при самом большом внутреннем избыточном давлении аппарата среди всех исследуемых материалов. Данные конструкционные образцы являются более приемлемыми при проектировании аппаратов химического и нефтегазового машиностроения. Однако высоколегированная сталь 12X18H10T является и стойкой к коррозии.

При проектировании плоских крышек, с использованием стали 12X18H10T потребуется меньшая толщина стенки в отличие от других материалов, рассматриваемых на производстве специального машиностроения. Максимальное перемещение составляет 1,074 мм для дюралюминиевого сплава Д16, титан марки ВТ 1-0 имеет также высокие деформационные перемещения. При этом, данные материалы обладают меньшей способностью к сопротивлению, в процессе эксплуатации аппаратов.

Полученные результаты исследования указывают на востребованность разработки новой расчётной методики плоских крышек, учитывающей прочностные характеристики материала такие как: модуль сдвига материала (GG), массовую плотность (ρ), предел прочности при растяжении (σ), предел текучести материала (τ).

Список литературы

1. *Нехаев Г.А.* Проектирование и расчет стальных цилиндрических резервуаров и газгольдеров низкого давления [Текст] : учеб. пособие / Г. А. Нехаев. – М. : АСВ, 2005. – 216 с.
2. *Лащинский А.А.* Конструирование сварных химических аппаратов. – Л.: Машиностроение, 1981. – 382 с.
3. *Михалева М.Ф.* Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств примеры и задачи. - Ленинград: «Машиностроение», 1984. - 303 с.
4. Расчет пластин. Вайнберг, Д.В.; Вайнберг, Е.Д.; Изд-во: Киев: Будивельник, 1970 г.
5. Метод конечных элементов (МКЭ) в среде SolidWorks [Электронный ресурс] // URL:http://www.rusnauka.com/10_NPE_2011/Informatica/3_82595.doc.htm (Дата обращения 15.01.2021)

05.13.18

О.В. Соловьева

Казанский государственный энергетический университет,
Казань, solovyeva.ov@kgeu.ru

ЧИСЛЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В ТРУБЕ С ПОРИСТОЙ СТЕНКОЙ

В данной работе проведено исследование течения газа в канале с пористой стенкой. Профили скорости рассчитаны по приближенной аналитической зависимости Пуазейля и на основе численного моделирования с применением граничных условий Биверса. Расчеты выявили отклонение в профиле скорости для случая численного расчета относительно профиля скорости, полученного по аналитическому выражению. Изменение в профиле скорости вызвано учетом неустановившегося течения на начальном участке при численном моделировании. Данное исследование может лечь в основу развития моделей течения в областях с пористой границей.

Ключевые слова: *профиль Пуазейля, численное моделирование, канал, пористая среда.*

Задачи гидродинамики течений через комбинированные однородно-пористые среды имеют множество практических приложений – от фильтрации жидкостей через пластовые породы до актуальных на сегодняшний день проблем разработки эффективных респираторов.

Краевая задача для уравнений вне и внутри пористого тела включает в себя условия на границе раздела пористое тело – однородная область. В зависимости от выбранных моделей течения в однородной и пористой областях рассматривается различное число граничных условий. Одним из распространенных условий наряду с равенством давлений и нормальных скоростей выбирается условие, предложенное в работе [1].

Вслед за работой [1] различные модификации условий на границах в комбинированных однородно-пористых средах предложены авторами статей [2-4]. Вместе с отдельным решением уравнений течения в однородной и пористой областях используются также единые уравнения движения несущей фазы, а именно, уравнения Навье-Стокса с дополнительными слагаемыми Дарси и Форхгеймера, учитывающими сопротивление в пористой зоне [5, 6].

В работе [7] решена задача о плоском и осесимметричном течении в каналах, имеющих пористые стенки. Подробный обзор математических моделей, связанных с ламинарным течением жидкости в канале с проницаемыми стенками дан в [8].

Постановка задачи и численное моделирование

Рассмотрим одномерное течение через пористую среду протяженностью L в направлении x , создаваемое перепадом давления Δp . Принимается, что скорость течения V газа в пористой среде определяется законом Дарси

$$V = -\frac{k}{\mu} \frac{dp}{dx} = \frac{k}{\mu} \frac{\Delta p}{L}, \quad (1)$$

где μ – вязкость газа, k – проницаемость пористой среды. Для определения скорости $U=U(R)$ газа внутри канала запишем уравнение движения в приближении Пуазейля

$$\frac{1}{R} \frac{d}{dR} \left(R \frac{dU}{dR} \right) = -\frac{V}{k} \quad (2)$$

Дополним уравнение (2) граничными условиями в виде [1]:

$$U(0) < \infty, \quad (3)$$

$$\left. \frac{dU}{dR} \right|_{R=R_c} = -\frac{\alpha}{\sqrt{k}}(U(R_c) - V) \quad (4)$$

где α – “коэффициент скольжения”. Коэффициент α определяется экспериментально или из решения детальной гидродинамической задачи с реальной структурой пористой среды.

Решая уравнение (2) с условиями (3), (4), получим:

$$U(R) = \frac{R_c^2 \Delta p}{4\mu L} \left[1 + 2\tau - \left(\frac{R}{R_c} \right)^2 \right], \quad (5)$$

где параметр $\tau = \alpha^{-1} \sqrt{k} (1 + 2\sqrt{k}/R_c) / R_c$ учитывает изменение скорости течения, вызванное ненулевой скоростью газа на границе с пористой средой. При $\tau = 0$ формула (5) дает решение для модели течения Пуазейля в трубе с непроницаемыми стенками.

Введя величины $U = R^2 \Delta p (1 + 4\tau) / 8\mu L$, $u = U / U_{cp}$, $r = R / R_c$, перепишем (5) в безразмерном виде

$$u = 2(1 + 2\tau - r^2) / (1 + 4\tau), \quad 0 \leq r \leq 1 \quad (6)$$

Для решения задачи в ANSYS Fluent на границе задавалось начальное значение скорости, а сам профиль развивался внутри трубки, отступая от левой границы расстояние $\sim 0,2L$.

Для осуществления расчета необходимо было соотнести значение безразмерного комплекса τ с безразмерным числом Дарси Da , оба из которых включают в себя значение проницаемости пористой среды k . Следует отметить, что параметр τ также зависит от значения коэффициента трения скольжения, который можно определить из профиля скорости внутри трубки, включая профиль скорости внутри пористой зоны. Зная выражение для значения скорости $U_R = R^2 \Delta p (1 + 4\tau) / 8\mu L$ и выражение для перепада давления по закону Дарси $\Delta p = \mu L V / k$, можно выразить параметр τ через проницаемость среды: $\tau = 2U_R k / R^2 V - 0,25$; где U_R – скорость на границе пористой зоны и газа (скорость скольжения), V – средняя скорость в пористой зоне.

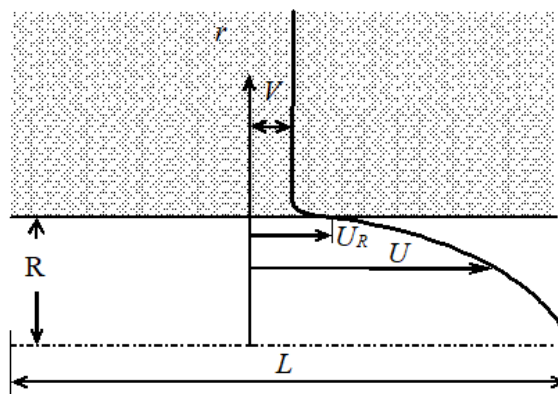


Рис. 1 – Профиль скорости в канале с пористыми стенками.

Проницаемость среды характеризуется безразмерным параметром: $Da = k / L^2$. Расчеты во Fluent проводились при числах Da , характерные реальным пористым средам: $Da = 10^{-3}, 10^{-2}, 10^{-1}$, им соответствовали $\tau = 0,4; 0,6; 0,8$ соответственно. Также был произведен расчет коэффициента трения скольжения α , дано сравнение с аналитическим выражением Эйнштейна $\alpha = \sqrt{\mu_{eff} / \mu_f} = \sqrt{1 + 2,5(1 - \varepsilon)}$, где ε – пористость среды, μ_{eff} –

эффективная вязкость, μ_f – динамическая вязкость газа. Коэффициент α в расчете определяется из выражения для скорости в пограничной области [1]:

$$U_R = -\frac{k}{2\mu} \left(\frac{\sigma^2 + 2\alpha\sigma}{1 + \alpha\sigma} \right) \frac{dP}{dx}, \text{ где } \sigma = R/\sqrt{k}.$$

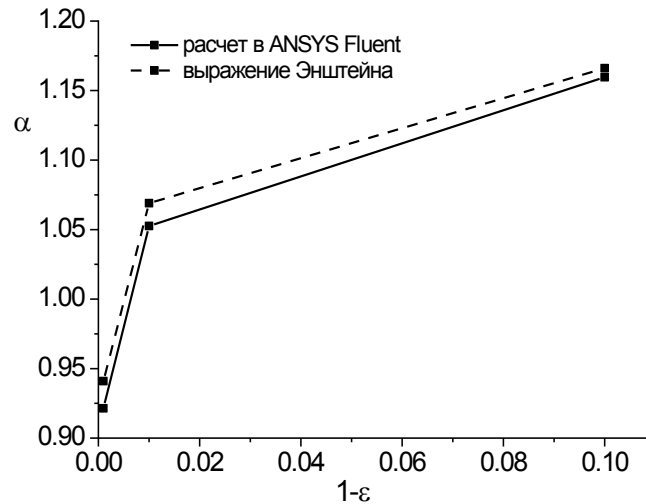


Рис. 2 – Зависимость коэффициента трения скольжения от «твёрдотельности» среды.

Результаты исследования

Сравнение профиля скорости в расчете для $\tau = 0$ и $\tau = 0,4$ на выходе из трубки с пуазейлевским профилем показано на рис. 3 и 4.

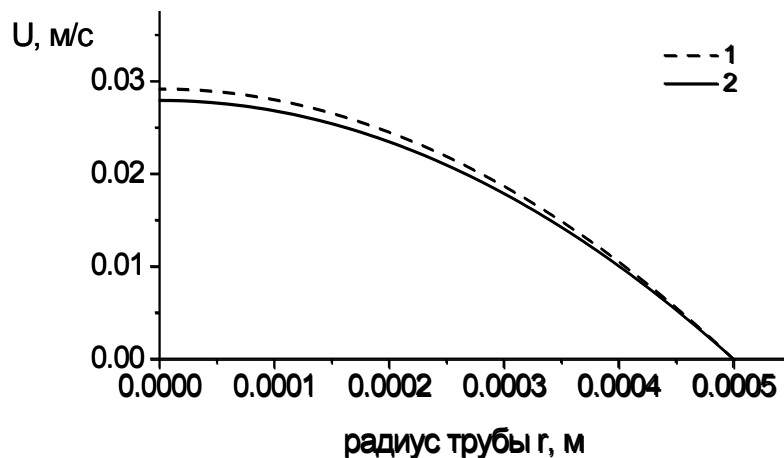


Рис. 3 – Профиль скорости линия 1 – по численному расчету и линия 2 – по аналитическому выражению профиля Пуазейля при $\tau = 0$.

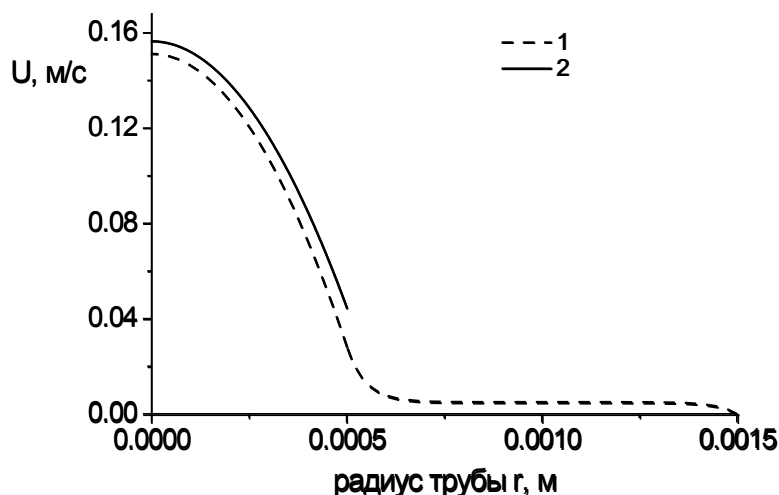


Рис. 4 – Профиль скорости линия 1 – по численному расчету и линия 2 – по аналитическому выражению профиля Пуазейля с поправкой на проницаемость среды при $\tau = 0,4$.

Заключение

В работе проведено сравнение профиля скорости при ламинарном течении в трубке с пористой границей. Исследования показали отклонения в профиле скорости, полученном численно и на основе аналитической зависимости Пуазейля. Можно сделать вывод, что существующая аналитическая зависимость не учитывает формирование и влияние начального участка на течение среды. Таким образом, в настоящее время остаются актуальными развитие математических моделей течений в смешанных однородно-пористых областях с учетом влияния пористости обтекаемого элемента на течение несущей среды.

Благодарности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 19-71-00100.

Список литературы

1. Beavers G.S. Boundary condition at a naturally permeable wall / G.S. Beavers, D.D. Joseph // Journal of Fluid Mechanics. – 1967. – Vol. 30. – P. 197-207.
2. Saffman P.G. On the boundary condition at the surface of a porous medium // Studies in Applied Mathematics. – 1971. – Vol. 1. – P. 93–101.
3. Jones I.P. Low Reynolds Number Flow Past a Porous Spherical Shell // Proceedings of the Cambridge Philosophical Society. – 1973. – Vol. 73. – P. 231–238.
4. Vafai K. Analysis of flow and heat transfer at the interface region of a porous medium / K. Vafai, R. Thiyagaraja // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 1987. – Vol. 30. – P. 1391–1405.
5. Beckermann C. Double diffusive convection during dendritic solidification of a binary mixture / C. Beckermann, R. Viskanta // Physicochemical Hydrodynamics. – 1988. – Vol. 10. – P. 195–213.
6. Bhattacharyya S. Fluid motion around and through a porous cylinder / S. Bhattacharyya, S. Dhinakaran, A. Khalili // Chemical Engineering Science. – 2006. – Vol. 61. – P. 4451–4461.
7. Berman A.S. Laminar flow in channels with porous walls // J. Appl. Phys. – 1953. – Vol. 24 (9). – P. 1232–1235.
8. Chatterjee S.G. Fluid flow in idealised spiral wound membrane module / S.G. Chatterjee, G. Belfort // Journal of Membrane Science. – 1986. – Vol. 28. – P. 191–200.

**ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ — МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ
ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (05.13.19)**

05.13.19

Е.В. Бурькова, А.Л. Коннов, А.А. Рычкова

Оренбургский государственный университет,
факультет математики и информационных технологий,
кафедра вычислительной техники и защиты информации,
Оренбург, rnansy@yandex.ru , andrey_konnov@mail.ru, evb99@yandex.ru

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛЬНОГО БАЗИСА ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
В СИСТЕМЕ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ
НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ИГР**

В работе представлен состав модельного базиса для принятия решений в системе защиты персональных данных: модели угроз и нарушителя, функциональные модели выбора структуры и состава системы защиты персональных данных, математические и имитационные модели.

Ключевые слова: персональные данные, угрозы безопасности, система защиты, система поддержки принятия решений, теоретико-игровой метод, функциональная модель.

В современных условиях высоких темпов развития информационных телекоммуникационных технологий задача защиты персональных данных приобретает все большую значимость, что усугубляется повышением уровня интеллектуализации нарушителей, их технической оснащенности, подготовленности, а также появлением новых угроз, связанных с перехватом информации в глобальной сети. В связи с этим актуализируется задача обоснованного выбора структуры и состава системы защиты информационной системы персональных данных (ИСПДн). Оптимальным решением данной задачи является создание автоматизированной системы поддержки принятия решения (СППР) при выборе структуры и состава системы защиты ПДн. Поддержка принятия решений для защиты ПДн позволяет осуществлять проектирование системы защиты с минимизацией трудовых и временных затрат [1].

СППР автоматизировать полностью не представляется возможным, так как всегда существуют неопределенности внешних факторов, которые невозможно предусмотреть заранее (например, особенности управленческих решений руководства организации или изменения рынка средств защиты ПДн). Кроме того, существуют сложности при формализации некоторых функций процесса проектирования СЗПДн, например, сложной является формализация функции выбора средств защиты, т.к. имеется необходимость в постоянном обновлении информационных характеристик средств, участвующих в выборе. Элементы автоматизации могут быть представлены следующими структурными единицами: модуль ввода исходных данных; модуль формирования перечня ПДн; модуль определения уровня защищенности; модуль построения модели угроз безопасности ПДн; модуль выработки требований к СЗПДн и рекомендаций по выбору средств защиты ПДн [2].

В настоящее время разработано множество методов и моделей, обеспечивающих поддержку принятия решений в различных условиях. Классификация методов принятия решений приведена на рисунке 1. Теория нечетких множеств - представляет собой математический аппарат работы с объектами, не имеющими жестких, однозначно задаваемых границ. Данная теория позволяет формально описывать нестрогие, нечеткие, расплывчатые понятия и производить с ними различные операции, формализовано описывать и обрабатывать информацию в случае физической неопределенности и позволяет представлять, обрабатывать информацию в случае лингвистической неопределенности.

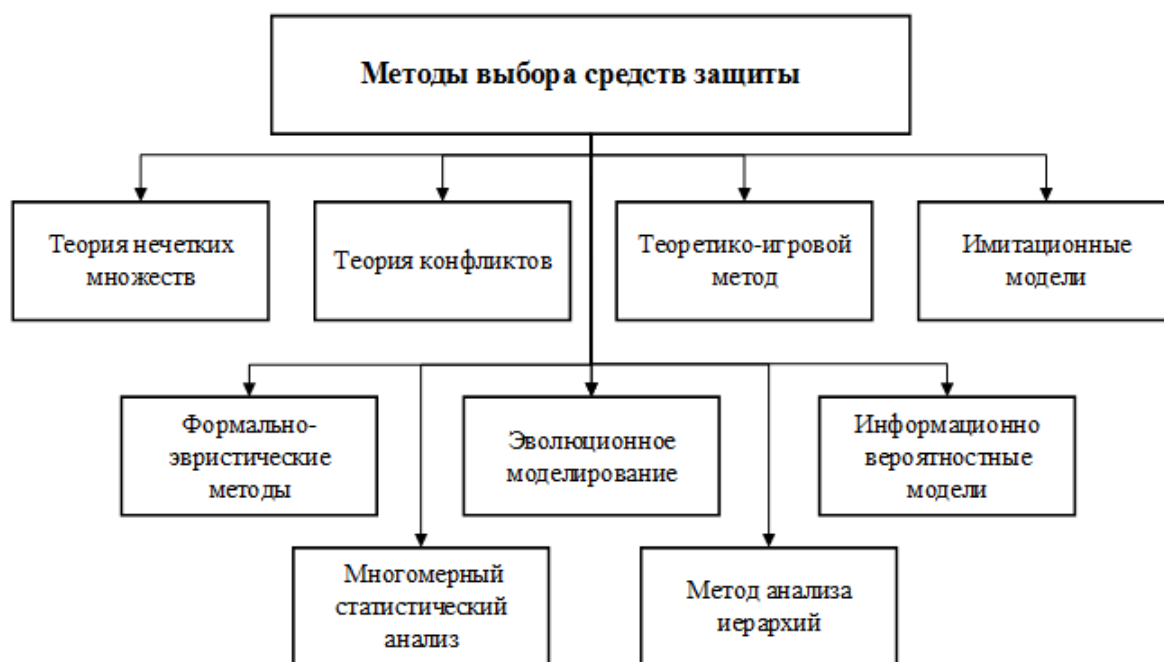


Рис. 1 – Классификация методов принятия решений

Теория конфликтов подразумевает противоборство между злоумышленником и системой защиты, разворачивающийся на фоне случайных угроз.

Формально-эвристический метод предназначен для поиска оптимальных решений основываясь на опыте человека, имеющихся знаниях и интуиции.

Эволюционное моделирование представляет собой имитационную модель, которая может постоянно совершенствовать алгоритм моделирования.

Вероятностные модели позволяют решать задачи в условиях неопределенности путем описания каждой альтернативы или ситуации в виде оценочного потенциала.

Для принятия решений по выбору оптимальных средств защиты для ПДн необходимо опираться на наиболее важные параметры, поэтому из перечисленных методов больше всего подходит метод теории игр. Теория игр полезна, когда требуется определить наиболее важные и требующие учета факторы в ситуации принятия решений в условиях конкурентной борьбы [3].

Основу проектирования СППР при выборе структуры и состава системы защиты ПДн составляют формализация на основе моделей:

1. Модели угроз и нарушителя безопасности персональных данных. Данные модели формируются на основе анализа объекта защиты с применением экспертного подхода на основе нормативно-правовых документов ФСТЭК.

2. Функциональные модели. В основе построения - методология структурного анализа и проектирования IDEF0. На первом шаге исследуются бизнес-процессы предприятия, определяются информационные потоки, тип персональных данных, исходный уровень защищенности ИСПДн, требования и анализируются существующие средства защиты. На рисунке 2 представлена контекстная диаграмма IDEF0.

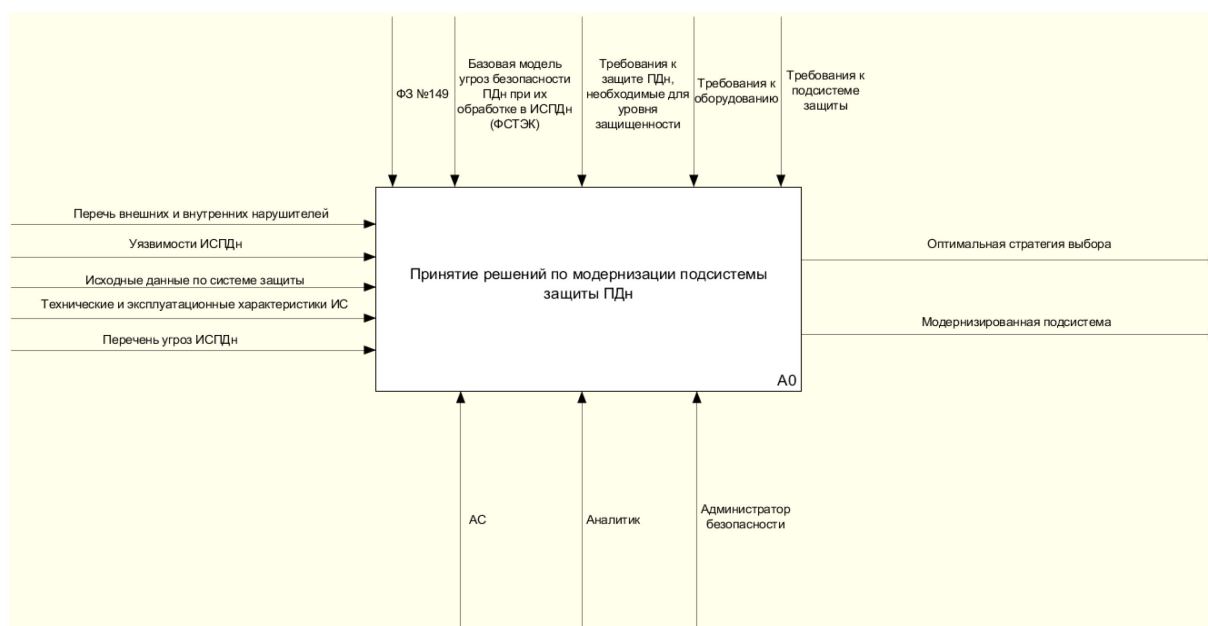


Рис. 2 – Функциональная модель (контекстная диаграмма)

Функциональная модель представляет систему защиты в виде диаграммы потоков данных DFD, контекстной диаграммы (модель "черного ящика"), позволяющие определить входные и выходные потоки, основные управляющие воздействия и методы обработки (автоматизированные или с участием пользователя). На следующем шаге проводится декомпозиция контекстной модели на функциональные блоки, позволяющие детализировать процесс до уровня конкретных функций.

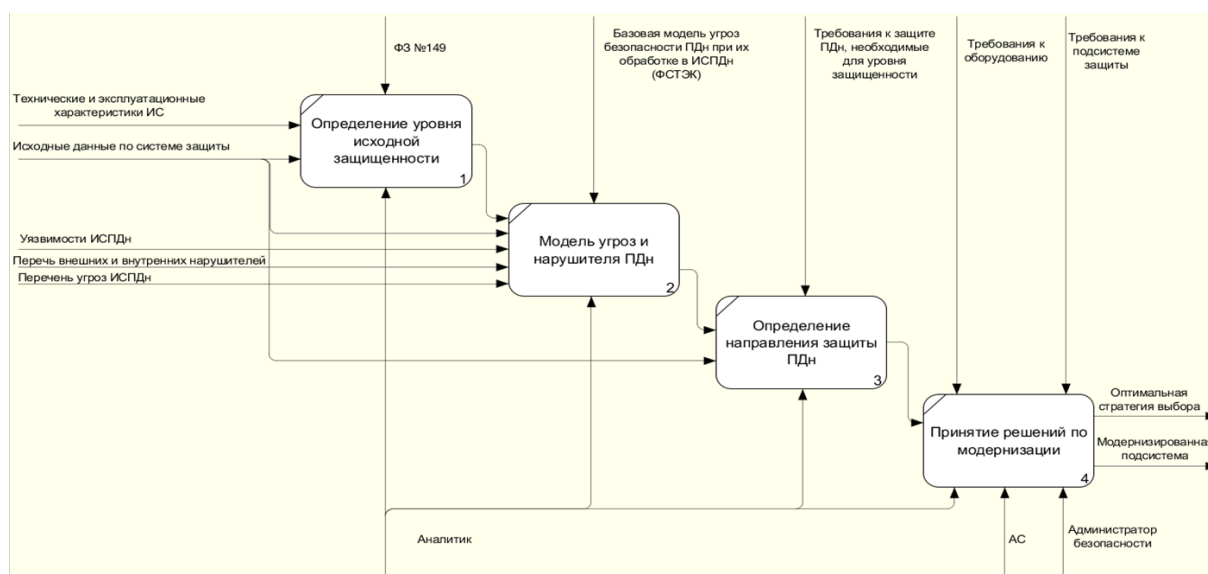


Рис. 3 – Декомпозиция функциональной модели (диаграмма 1 уровня)

Принятие решений по выбору оптимальной стратегии СППР при выборе структуры и состава системы защиты ПДн осуществляется на основе системного подхода.

3. Математические модели включают целевую функцию с определением ключевого критерия на основе выбранного подхода. В качестве формализации представляются множества входные и выходных данных, матрицы, табличное представление, математические и логические выражения.

4. Имитационная модель представляет прототип разработки и позволяет апробировать систему, провести тестирование и оценить эффективность.

В качестве математической модели рассмотрена модель игры с природой (принцип минимакса). Под критерием минимакса понимается максимизация возможного среднего предотвращения ущерба при минимизации затрат на приобретение и сопровождение средств защиты.

Для решения задачи выбора средств защиты ПДН необходимо определить множество возможных вариантов при выборе тех или иных средств для обеспечения определенных функций защиты информации и оценить затраты на каждый из вариантов, после чего выбрать наиболее оптимальный комплекс СЗИ.

Исходные данные:

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ – множество СЗИ, необходимых для обеспечения требуемого уровня информационной безопасности;

$F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ – требуемый набор функций СЗИ для обеспечения достаточного уровня защиты;

$F^* = \{f^*c_1, f^*c_2, \dots, f^*c_k\}$ – функционал возможных СЗИ;

$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$ – затраты на каждое из СЗИ;

$V = \{V_1, V_2, \dots, V_p\}$ – все множество решений по выбору СЗИ.

Критерием выбора комплекса средств защиты ПДН из всего множества вариантов является минимальная стоимость выбранного СЗИ при достаточном обеспечении заданного функционала с максимально возможным предотвращением ущерба.

$K_{сзи} \in V_x : Z = \sum z_i \rightarrow \min$

$F^* = \{f^*c_1, f^*c_2, \dots, f^*c_k\} \geq F$

Модель выбора оптимальной стратегии определена в виде матрицы исходов стратегий размером $n \times m$, представленной в таблице 1.

Таблица 1 – Матрица исходов стратегий.

$C \backslash S$	s_1	s_2	...	s_m	E
c_1	ef_{11}	ef_{12}	...	ef_{1m}	E_1
c_2	ef_{21}	ef_{22}	...	ef_{2m}	E_2
...	...	...	...	...	...
c_n	ef_{n1}	ef_{n2}	...	ef_{nm}	E_n

В данной модели представлены функции (столбцы), необходимые для обеспечения защиты информации и средства их реализующие (строки). Для каждого из вариантов рассчитываются затраты при использовании того или иного средства, выбирается наиболее оптимальный комплекс средств, после чего подсчитываются суммарные затраты на выбранный комплекс.

Представленные модели составляют базис для проектирования и разработки СППР в системах защиты персональных данных, могут быть адаптированы под бизнес-процессы конкретного предприятия, на основе игрового подхода позволяют обоснованно принять решения по выбору СЗИ и являются основной для разработки автоматизированной информационной системы.

Список литературы

1. Бурькова, Е.В. Система защиты персональных данных в высшем учебном заведении / Е.В. Бурькова // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2017. – № 7. – С. 69–74.
2. Бурькова, Е.В. Метод автоматизированной оценки актуальности угроз безопасности информационных систем / Е.В. Бурькова // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии: сб. материалов IX Всерос. конф. с междунар. участием. Оренбург : ОГУ, 2019. – С. 144-149.
3. Волкова, Т.В. Модель защиты данных электронной информационно-образовательной среды Оренбургского государственного университета [Электронный ресурс] / Т. В. Волкова, Ю. А. Кудинов, А. А. Рычкова // Интеллект. Инновации. Инвестиции, 2016. - № 2. - С. 100-108.
4. Овчинников, А.И. Математическая модель оптимального выбора средств защиты от угроз безопасности вычислительной сети предприятия / А.И. Овчинников, А.М. Журавлев, Н.В. Медведев, А.Ю. Быков // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер "Приборостроение", 2007. №3. - 7 С.115-121

**АННОТАЦИИ
ABSTRACTS**

В.С. Минкин, Т.Ю. Старостина, В.Б. Репин,
А.В. Репина, Р.Х. Шагимуллин
**СТРОЕНИЕ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ПОДВИЖНОСТЬ
НАПОЛНЕННЫХ ОЛИГОЭПОКСИДОВ ПРИ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ**

Ключевые слова: параметры спектра ЯМР, молекулярная подвижность, наполненные олигомеры.

В данной работе методом ЯМР проведено изучение строения эпоксидной смолы ЭД-20, наполненной SiO₂, в широком температурном интервале при ее механической обработке. Установлено структурирование системы при ее обработке и наполнении.

Р.М. Галиев, З.А. Аюкин, А.Ю. Барыкин,
Д.И. Нуретдинов, Р.Ф. Илдарханов, Д.К. Шакуров
**ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ШАТУННОГО УЗЛА ПРИ
РЕМОНТЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**
Ключевые слова: двигатель КАМАЗ-740.10, шатунный болт, капитальный ремонт, шатунный узел, автотранспортное предприятие.

В статье рассматриваются конструкция и методика повышения ресурса шатунного узла двигателя внутреннего сгорания. Приведены исследования его надежности, основные дефекты и анализ их возникновения. По уточненным зависимостям расчетной модели, предложено внести изменения по основанию, крышке шатуна и рекомендовано применение шатунного болта новой конструкции. Такие изменения уменьшают концентрацию напряжений на переходе шатуна от основания на стержень и концентрацию изгибных напряжений под головкой и в резьбе шатунного болта двигателя КАМАЗ-740.10.

П.Н. Гаряев
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ГОРОДСКИХ
ТЕРРИТОРИЙ**

Ключевые слова. Информационное моделирование, имитационное моделирование, искусственный интеллект, управление процессами.

В работе представлены результаты рассмотрения проблем, которые могут возникнуть на пути успешной реализации энергоснабжения городских территорий. Данное исследование посвящено разработке инновационных цифровых моделей сбалансированного распределения энергопотребления в городских районах.

Н.А. Гаряев, Ф. Айюб
**ПОЭТАПНОЕ ВНЕДРЕНИЕ В ПРОЕКТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
ТЕХНОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**
Ключевые слова. Информационное моделирование, проектирование зданий, управление процессами, производительность строительства, управление строительством.

В работе представлены результаты анализа развития современных информационных технологий и план реализации внедрения информационных технологий на этапе строительного проектирования.

В.В. Гаряева
**ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА БАЗЕ BIM
МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Ключевые слова. Информационное управление зданием, управление процессами, устойчивое строительство, производительность строительства, управление строительством.

В работе представлены результаты анализа устойчивого

V.S. Minkin, T.Yu. Starostina, V.B. Repin,
A.V. Repina, R.Kh. Shagimullin
**STRUCTURE AND MOLECULAR MOBILITY OF FILLED
OLIGOEPOXIDES DURING MECHANICAL PROCESSING**
Keywords: NMR spectrum parameters, molecular mobility, filled oligomers.

In this paper, the NMR method was used to study the structure of ED-20 epoxy resin filled with SiO₂ in a wide temperature range during its mechanical treatment. The structuring of the system is established during its processing and filling.

R.M. Galiev, Z.A. Ayukin, A.Yu. Barykin,
D.I. Nuretdinov, R.F. Ildarhanov, D.K. Shakurov
**INCREASING THE LIFE OF THE CONNECTING ROD
UNIT WHEN REPAIRING THE INTERNAL COMBUSTION
ENGINE**

Keywords: KAMAZ-740.10 engine, connecting rod bolt, overhaul, current repair, connecting rod assembly, motor transport company.

The article discusses the design and method of increasing the resource of the connecting rod assembly of an internal combustion engine. The research of its reliability, main defects and analysis of their occurrence are presented. According to the refined dependencies of the design model, it was proposed to make changes to the base of the connecting rod, the connecting rod cap and to recommend the connecting rod bolt. Such changes reduce the stress concentration at the connecting rod transition from the base to the rod and the concentration of bending stresses under the head and in the thread of the connecting rod bolt of the KAMAZ-740.10 engine.

P.N. Garyaev
**MODELING OF ENERGY CONSUMPTION IN URBAN
AREAS**

Keywords: information modeling, simulation modeling, artificial intelligence, process management.

The paper presents the results of the consideration of problems that may arise on the way to the successful implementation of energy supply to urban areas. This study focuses on the development of innovative digital models for the balanced distribution of energy consumption in urban areas.

N.A. Garyaev, F. Ayoub
**STEP-BY-STEP IMPLEMENTATION OF INFORMATION
MODELING TECHNOLOGY IN THE PROJECT
ORGANIZATION**

Keywords: information modeling, building design, process management, construction productivity, construction management.

The paper presents the results of the analysis of the development of modern information technologies and the implementation plan for the implementation of information technologies at the stage of construction design.

V.V. Garyaeva
**ENSURING SUSTAINABLE DESIGN AND ENERGY-
EFFICIENT CONSTRUCTION BASED ON BIM
MODELING**

Keywords: building information management, process management, sustainable construction, construction productivity, construction management.

The paper presents the results of the analysis of sustainable construction in order to improve the energy efficiency of

строительства с целью повышения энергоэффективности зданий с учетом роли информационного моделирования здания (BIM)

Г.В. Кузнецова, Т.А. Морозова, С.А. Шальнов
УСТОЙЧИВОСТЬ УГЛОВОГО ДВИЖЕНИЯ ПОДВОДНОГО
АППАРАТА ПРИ НАЛИЧИИ КАВИТАЦИОННОГО
ОБТЕКАНИЯ

Ключевые слова: кавитатор-диск, удлиненное тело, круговой зарыв кормы, устойчивость, угловое движение.

В статье ставится и решается задача оценки размеров каверны, охватывающей подводный аппарат (ПА), при которых его угловое движение устойчиво.

Получены соотношения, позволяющие рассчитать координату начала допустимого замыва кормовой части и соответствующие ему число кавитации и скорость движения ПА.

В.В. Попцов

ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА НАДЕЖНОСТЬ
ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ КАМАЗ-44108

Ключевые слова: надёжность, низкие температуры, параметр потока отказов, двигатель.

Исследования посвящены проблеме влияния низких температур на надёжность двигателей КАМАЗ-740.51-300. Сформулированы цели и задачи, определён объект исследования. Разработана методика проведения эксперимента, предполагающая сбор фактического количества отказов и их причин в определённом интервале температур. Получена зависимость параметра потоков отказов двигателя от влияния низких температур. Представлены практические рекомендации и экономический эффект применения результатов исследований.

Н.А. Федюшкин, С.А. Ямашкин
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕПОЗИТОРИЕВ МОДЕЛЕЙ
НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Ключевые слова: AWS Marketplace, ModelDepot, Wolfram Neural Net Repository, репозиторий моделей нейронных сетей, машинное обучение.

В этой статье рассматривается понятие репозитория или хранилища моделей машинного обучения. Проводится предварительное исследование трех популярных репозиториях моделей нейронных сетей (AWS Marketplace, ModelDepot и Wolfram Neural Net Repository). Анализируется количество моделей машинного обучения, которые предлагает каждый из представленных репозиториях.

Л.А. Феоктистова, Т.В. Рзаева, А.Р. Фардеев
ВОЗМОЖНОСТИ СРЕДСТВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ
ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Ключевые слова: Начертательная геометрия, инженерная графика, компьютерная графика, 3D-модель, AutoCAD.

Объективные трудности при изучении начертательной геометрии возникают на уровне зрительного восприятия, когда вместо трехмерного объекта предлагается двумерная модель. Переход к трехмерной компьютерной графике снял проблему зрительного восприятия и показал несостоятельность оправдания известных трудностей в освоении методов начертательной геометрии ссылками на «недостаточную подготовленность школьников», «нежелание углубляться в предмет» и пр. В работе показывается, что компьютерная графика является инструментом, который использует все наработки, созданные начертательной геометрией.

buildings, taking into account the role of building information modeling (BIM)

G.V. Kuznetsova, T.A. Morozova, S.A. Shalnov
STABILITY OF THE ANGULAR MOTION OF THE
UNDERWATER VEHICLE IN THE PRESENCE OF
CAVITATION FLOW

Keywords: cavitator-ROM, elongated body, circular washing of the stern, stability, angular motion.

The article presents and solves the problem of estimating the size of the cavern formed around the underwater vehicle, at which its angular motion is stable.

The relations that allow calculating the coordinate of the start of the permissible washing of the stern and the corresponding cavitation number and speed of the underwater vehicle are obtained

V.V. Poptsov

INFLUENCE OF LOW TEMPERATURES ON
RELIABILITY OF KAMAZ-44108 CAR ENGINES

Keywords: reliability, low temperatures, failure flow parameter, engine.

The research is devoted to the problem of the influence of low temperatures on the reliability of the KAMAZ-740.51-300 engines. The goals and objectives are formulated, the object of research is defined. A method of conducting the experiment has been developed, which involves collecting the actual number of failures and their causes in a certain temperature range. The dependence of the engine failure flow parameter on low temperatures is obtained. Practical recommendations and the economic effect of applying the research results are presented.

N.A. Fedyushkin, S.A. Yamashkin
RESEARCH OF REPOSITORIES OF NEURAL NETWORK
MODELS

Keywords: AWS Marketplace, ModelDepot, Wolfram Neural Net Repository, neural network model repository, machine learning

This article explores the concept of a machine learning model repository or store. A preliminary study of three popular neural network model repositories (AWS Marketplace, ModelDepot, and Wolfram Neural Net Repository) is being conducted. The number of machine learning models offered by each of the presented repositories is analyzed.

L.A. Feoktistova, T.V. Rzaeva, A.R. Fardeev
POSSIBILITIES OF COMPUTER GRAPHICS MEANS IN
TEACHING DRAFT GEOMETRY

Keywords and phrases: Descriptive geometry, engineering graphics, computer graphics, 3D model, AutoCAD.

The objective difficulties in studying descriptive geometry occur precisely at the level of visual perception when the two-dimensional model proposed instead of the three-dimensional object. The transition to three-dimensional computer graphics immediately removed and visual perception of the problem showed inconsistency justification known difficulties in the development of methods of descriptive geometry reference to "insufficient preparedness school", "go into reluctance object" and so on. The work shows that computer graphics is a tool that uses all the developments created by descriptive geometry.

А.Ю. Барыкин, Р.М. Галиев, Р.Ф. Илдарханов,
В.М. Нигметзянова, Д.И. Нуретдинов, Р.Х. Тахавиев
К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ
ФРИКЦИОННОГО СЦЕПЛЕНИЯ

Ключевые слова: грузовой автомобиль, фрикционное сцепление, диафрагменная пружина, ведущий диск, выжимной подшипник, абразивное изнашивание.

В статье проведено исследование процесса функционирования сцепления, применяемого в трансмиссии грузового автомобиля. Установлены факторы, влияющие на работоспособность и безотказность сцепления. Приведены уточненные зависимости расчетной модели, позволяющие повысить эффективность работы в сложных условиях эксплуатации.

Е.В. Поезжаева, С.Э. Шаклеина, Д.Н. Кучев
ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИОННОГО
МАТЕРИАЛА В ПРОЕКТИРОВАНИИ ПЛОСКИХ КРЫШЕК И
ДНИЩ АППАРАТОВ, РАБОТАЮЩИХ ПОД ВНУТРЕННИМ
ИЗБЫТОЧНЫМ ДАВЛЕНИЕМ

Ключевые слова: плоская крышка, плоское днище, напряжённо-деформированное состояние, аппараты высокого давления, компьютерное моделирование, численные методы.

Актуальность исследования: в настоящее время на производственных предприятиях используется большое количество аппаратов цилиндрической формы, работающих под внутренним избыточным давлением различной величины. Однако, на данный момент нет исследований, посвящённых определению выбору оптимального материала при проектировании и разработке аппаратов, работающих под внутренним избыточным давлением. Данная ситуация грозит необоснованным выбором материала, что может привести в конечном итоге к авариям и простоям производств, использующих данный вид аппаратов, т.к. многие из них зачастую нагружаются внутренним избыточным давлением, имеющие немалую величину. В работе представлена проблема выбора материала на стадии проектирования аппаратов, работающих под внутренним избыточным давлением в различных отраслях производства химической, нефтегазоперерабатывающей и других отраслях промышленности. *Объект исследования:* аппарат цилиндрического типа с набором плоских крышек из различных материалов. В ходе исследования разработана физическая модель для проведения экспериментов по определению напряжений и перемещений в плоских крышках и днищах цилиндрических обечаек, работающих под внутренним давлением. *Методы исследования:* эмпирический, численно-аналитический метод конечных элементов. Приведена методика расчёта плоских крышек для определения перемещений и напряжений. Получены экспериментальные и численно-аналитические данные в ходе анализа выбора конструкционного материала, которые указывают на востребованность новой расчётной методики плоских крышек аппаратов, работающих под внутренним избыточным давлением, которая будет учитывать многие прочностные характеристики материала. *Результаты исследования.* Получены зависимости напряжений и перемещений для каждого конструкционного материала крышки плоской конфигурации от внутреннего избыточного давления. Обоснован выбор конструкционного материала при проектировании плоских крышек.

О.В. Соловьева

ЧИСЛЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В
ТРУБЕ С ПОРИСТОЙ СТЕНКОЙ

Ключевые слова: профиль Пуазейля, численное моделирование, канал, пористая среда.

В данной работе проведено исследование течения газа в канале с пористой стенкой. Профили скорости рассчитаны по приближенной аналитической зависимости Пуазейля и на основе численного моделирования с применением граничных

A.Yu. Barykin, R.M. Galiev, R.F. Ildarhanov,
V.M. Nigmatzyanova, D.I. Nuretdinov, R.Kh. Tahaviev
TO THE QUESTION OF SIMULATION OF WORKING
PROCESSES OF FRICTIONAL CLUTCH

Keywords: truck, friction clutch, diaphragm spring, drive disc, release bearing, abrasive wear.

The article studies the process of clutch functioning used in the transmission of a truck. The factors influencing the performance and reliability of the clutch have been established. The refined dependencies of the computational model are given, which make it possible to increase the efficiency of work in difficult operating conditions.

E.V. Poezhaeva, S.E. Shakleina, D.N. Kuchev
JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF CONSTRUCTION
MATERIAL IN THE DESIGN OF FLAT COVERS AND
BOTTOMS OF APPARATUS OPERATING UNDER
INTERNAL EXCESS PRESSURE

Keywords: flat lid, flat bottom, stress-strain state, high-pressure apparatus, computer simulation, numerical methods.

The relevance of the research: at present, manufacturing enterprises use a large number of cylindrical apparatus operating under internal overpressure of various sizes. However, at the moment there are no studies devoted to determining the choice of the optimal material in the design and development of devices operating under internal overpressure. This situation threatens with an unreasonable choice of material, which can ultimately lead to accidents and production downtime using this type of apparatus, because many of them are often loaded with internal overpressure of considerable magnitude. The paper presents the problem of material selection at the design stage of devices operating under internal overpressure in various industries of the chemical, oil and gas processing and other industries. *Object of research:* a cylindrical apparatus with a set of flat covers made of various materials. In the course of the study, a physical model was developed for conducting experiments to determine stresses and displacements in flat covers and bottoms of cylindrical shells operating under internal pressure. *Research methods:* empirical, numerical-analytical finite element method. A method for calculating flat covers for determining displacements and stresses is presented. Experimental and numerical-analytical data were obtained during the analysis of the choice of structural material, which indicate the demand for a new calculation technique for flat covers of apparatus operating under internal excess pressure, which will take into account many strength characteristics of the material. *Research results.* Dependences of stresses and displacements for each structural material of a cover of a flat configuration on internal overpressure are obtained. The choice of a structural material for the design of flat covers has been substantiated.

O.V. Soloveva

NUMERICAL DETERMINATION OF THE GAS FLOW
RATE IN A PIPE WITH A POROUS WALL

Keywords: Poiseuille profile, numerical simulation, channel, porous medium.

In this work, we study the gas flow in a channel with a porous wall. Velocity profiles are calculated using an approximate analytical Poiseuille dependence and numerical modeling using the Beavers boundary conditions. The calculations

условий Биверса. Расчеты выявили отклонение в профиле скорости для случая численного расчета относительно профиля скорости, полученного по аналитическому выражению. Изменение в профиле скорости вызвано учетом неустановившегося течения на начальном участке при численном моделировании. Данное исследование может лечь в основу развития моделей течения в областях с пористой границей.

revealed a deviation in the velocity profile for a numerical calculation relative to the velocity profile obtained from the analytical expression. The change in the velocity profile is caused by considering the unsteady flow in the initial section during the numerical simulation. This study can form the basis for the development of flow models in areas with a porous boundary.

Е.В. Бурькова, А.Л. Коннов, А.А. Рычкова
РАЗРАБОТКА МОДЕЛЬНОГО БАЗИСА ДЛЯ ПРИНЯТИЯ
РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ
ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ИГР

Ключевые слова: персональные данные, угрозы безопасности, система защиты, система поддержки принятия решений, теоретико-игровой метод, функциональная модель.

В работе представлен состав модельного базиса для принятия решений в системе защиты персональных данных: модели угроз и нарушителя, функциональные модели выбора структуры и состава системы защиты персональных данных, математические и имитационные модели.

E.V. Burkova, A.L. Konnov, A.A. Richkova
DEVELOPMENT OF A MODEL BASIS FOR DECISION-
MAKING IN THE SYSTEM OF PERSONAL DATA
PROTECTION BASED ON GAME THEORY

Keywords: personal data, security threats, security system, decision support system, game-theoretic method, functional model.

The article presents the composition of the model basis for decision-making in the personal data protection system: threat and intruder models, functional models for choosing the structure and composition of the personal data protection system, mathematical and simulation models.

Публичный лицензионный договор-оферта о правах на статью

Редакция журнала «Научно-технический вестник Поволжья» предлагает Вам присылать свои статьи для публикации на страницах журнала, а также на сайте Научной электронной библиотеки (НЭБ). Предоставление Автором своего произведения является полным и безоговорочным акцептом, т.е. данный договор считается заключенным с соблюдением письменной формы. Присылая для публикации произведение, Автор также предоставляет Редакции журнала права на использование произведения и гарантирует, что он обладает достаточным объемом прав на передаваемое произведение. Также Автор предоставляет редакции журнала право переуступить на договорных условиях частично или полностью полученные по настоящему Договору права третьим лицам без выплаты Автору вознаграждения. Все авторские права регулируются в соответствии с действующим законодательством России.

Договор публичной оферты по обработке персональных данных

В процессе осуществления выпуска журнала "Научно-технический вестник Поволжья", ООО "Рашин Сайнс" осуществляется обработка персональных данных, предоставленных авторами статей в рамках сообщения своих регистрационных данных для осуществления публикации в журнале (имя, фамилия, отчество, адрес автора, контактный телефон и e-mail приводятся в регистрационной форме, заполняемой авторами при отправке статьи в журнал). Обработка осуществляется редакцией журнала для целей надлежащей отправки журнала автору и возможности связи с автором лиц, заинтересованных в результатах труда автора статьи. Под обработкой персональных данных в контексте настоящего согласия понимаются действия редакции по сбору, систематизации, накоплению, хранению, использованию, распространению, уничтожению персональных данных, а также действия по их дальнейшей обработке с помощью автоматизированных систем управления базами данных, и иных программных средств, используемых редакцией журнала. Настоящее согласие автора на обработку персональных данных является бессрочным и может быть отозвано в любой момент путем отказа автора от получения журнала и дальнейшей обработки его персональных данных.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК
ПОВОЛЖЬЯ

№3 2021

Направления:

**05.13.01 – СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА
ИНФОРМАЦИИ (технические науки)**

**05.13.06 – АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ
(технические науки)**

**05.13.11 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (физико-математические науки)**

**05.13.11 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ
СЕТЕЙ (технические науки)**

**05.13.18 – МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЧИСЛЕННЫЕ
МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ (технические науки)**

**05.13.19 – МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ,
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
(физико-математические науки)**

www.ntvp.ru

Реестровая запись от 08.05.2019 серия ПИ № ФС 77 -75732

Подписано в печать 23.03.2021 Формат А4. Печать цифровая.

Дата выхода в свет 23.03.2021

5,2 усл.печ.л. 6,8 уч.изд.л. Тираж 500 экз. Заказ 3310.

Учредитель: ООО "Рашин Сайнс":

420111, г. Казань, ул. Университетская, 22, помещение 23.

Адрес редакции, издательства, типографии – ООО "Рашин Сайнс":

420111, г. Казань, ул. Университетская, 22, помещение 23.

Цена свободная.

© Рашин Сайнс

тел. (843) 216-30-35

Отпечатано с готового оригинал-макета

ООО «Рашин Сайнс»