

ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



Технические науки в мире: от теории к практике

Выпуск VI

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(11 августа 2019 г.)**

г. Ростов-на-Дону

2019 г.

**Издатель Инновационный центр развития образования и науки
(ИЦРОН), г. Нижний Новгород**

Технические науки в мире: от теории к практике./ Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 6, г. Ростов-на-Дону, – НН: ИЦРОН, 2019. 35 с.

Редакционная коллегия:

канд. техн. наук., доцент Ананченко И.В. (г. Санкт-Петербург), д-р. техн. наук, профессор Аракелян Э.К. (г. Москва), канд. техн. наук Белоусов М.В. (г. Екатеринбург), д-р. физ.-мат. наук, профессор Будагян И.Ф. (г. Москва), д-р техн. наук Бунаков П.Ю. (г. Коломна), канд. техн. наук Валеев А.Р. (г. Уфа), д-р техн. наук, профессор Высоцкий Л.И. (г. Саратов), д-р техн. наук Галкин А.Ф. (г. Санкт-Петербург), канд. техн. наук, доцент Горюнова В.В. (г. Пенза), канд. техн. наук, доцент Грибанов А.С. (г. Москва), канд. пед. наук Давлеткиреева Л.З. (г. Магнитогорск), д-р техн. наук, профессор Дадашев М.Н. (г. Москва), канд. техн. наук, доцент Демяненко Н.А. (г. Гомель), д-р техн. наук, профессор Денисов В.Н. (г. Санкт-Петербург), канд. техн. наук, доцент Денисова Ю.В. (г. Белгород), канд. техн. наук Егоров А.Б. (г. Харьков), д-р техн. наук, профессор Жуманиязов М.Ж. (г. Ургенч), д-р техн. наук Завидей В.И. (г. Москва), д-р техн. наук, профессор, Заднепровский Р.П. (г. Волгоград), канд. техн. наук Иванов В.И. (г. Москва), канд. техн. наук Ключева И.В. (г. Новосибирск), канд. техн. наук, доцент Корниенко В.Т. (г. Ростов-на-Дону), канд. техн. наук, профессор Куберский С.В. (Украина, г. Алчевск), д-р техн. наук, доцент Курганова Ю.А. (г. Москва), канд. физ.-мат. наук Лапушкин Г.И. (г. Москва), д-р техн. наук Лысенков П.М. (г. Санкт-Петербург), канд. техн. наук, доцент Малышев А.В. (г. Курск), канд. техн. наук Мостовой А.С. (г. Энгельс), д-р техн. наук, профессор Мухуров Н.И. (г. Минск), канд. техн. наук, доцент Никулин В.В. (г. Саранск), канд. техн. наук, профессор Охрименко О.В. (г. Вологда-Молочное), д-р техн. наук, профессор Пачурин Г.В. (г. Нижний Новгород), канд. техн. наук Полонский Я.А. (г. Волгоград), канд. техн. наук Решетняк С. Н. (г. Москва), аспирант Рычков Е.Н. (Франция, г. Пуатье), канд. техн. наук, доцент Федорова Н.В. (г. Новочеркасск), д-р хим. наук Хентов В.Я. (г. Новочеркасск), канд. техн. наук Щемелева Ю.Б. (г. Геленджик)

В сборнике научных трудов по итогам VI Международной научно-практической конференции «**Технические науки в мире: от теории к практике**», г. Ростов-на-Дону представлены научные статьи, тезисы, сообщения студентов, аспирантов, соискателей учёных степеней, научных сотрудников, докторантов, специалистов практического звена Российской Федерации, а также коллег из стран ближнего и дальнего зарубежья.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных, не подлежащих открытой публикации. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов. Материалы размещены в сборнике в авторской правке.

Статьи, принятые к публикации, размещаются в полнотекстовом формате на сайте eLIBRARY.RU.

Оглавление

СЕКЦИЯ №1. ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)	5
СЕКЦИЯ №2. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00).....	5
СЕКЦИЯ №3. ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)	5
СЕКЦИЯ №4. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00).....	5
СЕКЦИЯ №5. ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00).....	5
СЕКЦИЯ №6. ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00).....	5
СЕКЦИЯ №7. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)	5
СЕКЦИЯ №8. ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00).....	5
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАБОТЫ ПОДШИПНИКА В РЕЖИМЕ СУХОГО ТРЕНИЯ МЕТОДАМИ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ Портнова О.С., Грибниченко М.В., Коршунов В.Н.	5
СЕКЦИЯ №9. АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10).....	10
СЕКЦИЯ №10. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00).....	11
IMPLEMENTATION OF ORGANIC ARCHITECTURE PRINCIPLES IN CIVIL ENGINEERING FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION Zakharova A.A., Dmitrieva N. K.	11
ИССЛЕДОВАНИЕ И СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК Некрасов С.А.....	13
АРХИТЕКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОНОМНОГО РОБОТА-ПАРКОВЩИКА В АВТОСТОЯНКЕ Хрусталева Д.А.....	17
СЕКЦИЯ №11. ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)	19
СЕКЦИЯ №12. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00).....	19

СЕКЦИЯ №13.	
ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)	19
СЕКЦИЯ №14.	
ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)	19
СЕКЦИЯ №15.	
ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)	19
ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОГО	
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ДЛЯ ШАХТНОГО	
ГОРНОРУДНОГО ПРОИЗВОДСТВА	
Шевчук В.А.	19
СЕКЦИЯ №16.	
БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА,	
ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)	24
СЕКЦИЯ №17.	
ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ	
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)	24
СЕКЦИЯ №18.	
ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ	
КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)	24
СЕКЦИЯ №19.	
НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)	24
ПРИМЕНЕНИЕ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ ДЛЯ СИНЕЗА НАНОПЛЕНОК	
Шолина И.С., Герасимов Д.А., Есикова Ю.С.	24
СЕКЦИЯ №20.	
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)	26
АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ	
РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЭКСТРУДИРОВАНИЯ	
Зубкова Т.М., Токарева М.А.	26
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ	
Улимова Н.В.	30
ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2019 ГОД	33

**СЕКЦИЯ №1.
ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.01.01)**

**СЕКЦИЯ №2.
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.00)**

**СЕКЦИЯ №3.
ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.27.00)**

**СЕКЦИЯ №4.
МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.00)**

**СЕКЦИЯ №5.
ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.14.00)**

**СЕКЦИЯ №6.
ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.05.00)**

**СЕКЦИЯ №7.
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.00)**

**СЕКЦИЯ №8.
ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.22.00, 05.08.00)**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ
РАБОТЫ ПОДШИПНИКА В РЕЖИМЕ СУХОГО ТРЕНИЯ
МЕТОДАМИ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Портнова О.С., Грибиниченко М.В., Коршунов В.Н.

ДВФУ, РФ, г. Владивосток

Введение

В статье рассмотрены вопросы снижения продолжительности работы подшипника в режиме сухого трения путем частичной замены его режимом газовой смазки. Производится анализ путем сравнения зависимостей несущей способности от величины смазочного зазора при различных режимных и конструктивных параметров. Отношение несущей способности от величины смазочного зазора называют нагрузочной характеристикой. В настоящей работе такие характеристики получены с помощью математической модели и написанной на ее основе программы.

1. Общее описание математической модели

В настоящей работе применена математическая модель течения газа в тонком слое переменной величины осевого газового подшипника с профилированием рабочих поверхностей в виде клиновидных участков [3,5].

В основе модели лежит уравнение Рейнольдса для газовой смазки, определяющее распределение давления P в смазочном слое [5].

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rh^3 P \frac{\partial P}{\partial r}) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \theta} (h^3 P \frac{\partial P}{\partial \theta}) = 6\mu\omega \frac{\partial(Ph)}{\partial \theta}$$

В уравнение вводятся геометрические параметры: P – давление газа в смазочном слое; r и θ – радиальная и угловая координаты, h – местная толщина смазочного слоя, μ – динамическая вязкость газа; ω – угловая скорость пяты относительно подпятника.

К уравнению вводятся граничные условия: давление на краях подшипника и (в случае расчета подшипника с наддувом) давления на кромках питателей.

2. Постановка задачи исследования

На основе представленной выше математической модели и написанной программы определяются характеристики подшипника, такие как несущая способность, момент трения и другие. Также с помощью данной программы можно решать оптимизационные задачи.

Например, в работах [1,4,5] с помощью этой модели исследовались зависимости интегральных характеристик различных типов подшипников с газовой смазкой от критериев подобия, которые были получены при составлении уравнений, входящих в модель.

В настоящей статье рассматриваются два критерия:

$$\chi = \frac{3\mu\omega R_2^2}{h_0^2 P_a}, \quad \overline{R}_1 = R_1 / R_2,$$

где R_1 и R_2 – внутренний и наружный радиусы осевого подшипника, h_0 – значение смазочного зазора при котором произошло всплытие; P_a – давление на краях подшипника (давление окружающей среды).

Целью проводимых авторами исследований является снижение негативного влияния режима сухого трения при пусках и остановах машины. Достижение этой цели определяется решением двух задач: обеспечением как можно более раннего всплытия ротора и применением эффективных покрытий. В настоящей статье рассматривается первая из перечисленных задач.

Эта задача напрямую связана с повышением несущей способности смазочного слоя, которое достигается оптимизацией формы смазочного зазора.

3. Решение оптимизационной задачи

Проведенные ранее исследования осевых гибридных подшипников [1,2,4,5] показали, что параметрами, которые имеют оптимальные значения (далее – оптимальные параметры), являются: значение протяженности клиновидного участка \overline{L}_{var} , относительная максимальная глубина клиновидного участка $\overline{\delta}_0$, количество секторов ψ . При этом исследователи отмечают, что значение оптимальных параметров значительно зависит от числа χ и отношения внутреннего радиуса подшипника к наружному \overline{R}_1 . И если \overline{R}_1 имеет постоянное значение для конкретного подшипника, то число χ изменяется, в основном, за счет частоты вращения ротора, которая входит в данное число.

Возникает вопрос – при каком значении χ (т.е. при каком режиме работы турбомашин) проводить оптимизацию подшипника. Чтобы ответить на него рассмотрим пример оценки процесса всплытия ротора в вертикальной турбомашине.

Не привязываясь к конкретной марке, рассмотрим машину, имеющую параметры схожую по характеристикам с существующими разработками турбин мощностью 30-50кВт. Примем номинальную частоту вращения ротора 50000 об/мин, массу ротора 5 кг. Размеры осевого подшипника следующие: внутренний радиус $R_1=0,01$ м. внешний радиус $R_2=0,05$ м.

С помощью математической модели и составленной на ее основе программы построим зависимости несущей способности от частоты вращения ротора (рис.1). Выберем вариант нагрузки на подшипник, при котором осевая нагрузка формируется исключительно благодаря действию силы тяжести. В этом случае значение осевой нагрузки не зависит от динамики ротора, а зависимость будет представлять собой горизонтальную прямую линию (рис.1).

Рассмотрим два варианта оптимизации подшипника (подшипники №1 и №2). Подшипник №1 оптимизирован при частоте вращения 3000 об/мин, что для данного подшипника соответствует значению $\chi = 11,85$. Подшипник №2 оптимизирован на номинальной частоте вращения турбомашин $n=50000$ об/мин, $\chi = 197,54$.

Обратим внимание, что в целом при разгоне турбомашин несущая способность подшипника №2 оказывается выше, чем у подшипника №1, оптимизированного на частотах близких к пусковым. На основании этого можно сделать вывод, что оптимизация на номинальной частоте более целесообразна.

Но здесь следует учесть следующее обстоятельство.

Всплытие ротора произойдет в момент, когда формирующийся смазочный слой достигнет такой толщины h_0 при которой он не будет иметь разрывов и будет способен обеспечить бесконтактную работу узла трения в газодинамическом режиме. По оценкам исследователей [3] это значение равно примерно 6-7 микрометрам, а в расчетах настоящей работы принят 6,4 мкм.

Другими словами, всплытие ротора произойдет, когда несущая способность смазочного слоя толщиной h_0 будет равна нагрузке на подшипник.

Исходя из этой логики момент всплытия ротора на рис. 1 будет определяться точкой пересечения линии нагрузки на подшипник и линии нагрузочной характеристики (точки А и В).

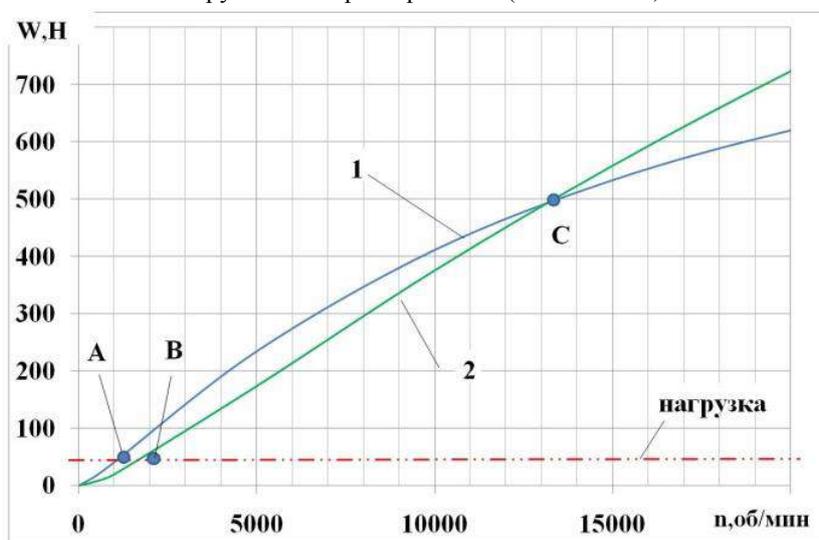


Рис.1 Нагрузочные характеристики подшипника оптимизированного при различных значениях параметра сжимаемости: 1- подшипник №1 ($\bar{\delta}_0 = 2,5$; $\Psi^{opt} = 3$; $\bar{L}_{var} = 0,5$, оптимизация при $\chi = 12,17$, $n = 3000$ об/мин); 2- подшипник №2 ($\bar{\delta}_0 = 6,67$; $\Psi^{opt} = 2$; $\bar{L}_{var} = 0,275$, оптимизация при $\chi = 202,79$, $n = 50000$ об/мин)

Следует обратить внимание, что существует определенная область диаграммы (до частоты вращения приблизительно 13000 об/мин.) при которой несущая способность подшипника №1 выше, чем подшипника №2 (см. рис. 1).

В итоге несмотря на то, что подшипник №1 в целом имеет несущую способность ниже, чем подшипник №2, в зоне малых частот вращения его несущая способность оказывается выше, что приводит к более раннему всплытию ротора (точка А находится левее точки В).

Можно сделать вывод, что подшипники для которых оптимизация проведена при малых значениях параметра χ имеют более низкое значение частоты всплытия ротора по сравнению с подшипниками у которых оптимизация проведена при значениях χ соответствующих номинальному режиму работы.

Таким образом, задача снижения продолжительности сухого трения, поставленная в настоящей работе должна решаться путем оптимизации параметров на малых частотах вращения ротора т.е. при малых значениях параметра χ

При проектировании подшипника для выбора значений оптимальных параметров в большинстве случаев необходимо проводить объемные расчеты, часто с использованием специального программного обеспечения. В настоящей работе предлагается метод, при котором не требуется прибегать к расчетам, а

пользоваться некоторыми ранее полученными данными сведенными в таблицы или диаграммы. Эти данные представляют собой множество значений максимумов несущей способности и соответствующих этим максимумам оптимальных параметров при различных значениях \bar{R}_l и χ (рис.3-5).

Такой комплекс значений и является основным результатом проведенного в настоящей работе численного эксперимента.

При проектировании подшипника предлагается выбрать подходящее значение коэффициента несущей способности (рис.2) и соответствующие этому значению, оптимальные параметры подшипника.

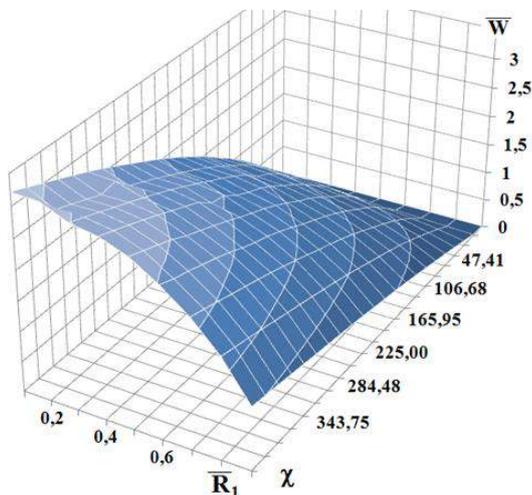


Рис.2 Максимумы коэффициента несущей способности

Анализируя зависимости оптимальных параметров от значений \bar{R}_l и χ можно обратить внимание на некоторые тенденции.

Рассмотрение поля значений оптимального количества секторов (рис.3) показывает, что сильное влияние на ψ^{opt} оказывает значение \bar{R}_l .

Что касается зависимости ψ^{opt} от χ то она имеет менее выраженный характер, особенно при малых значениях \bar{R}_l . Здесь наблюдается определенная тенденция к увеличению количества секторов при снижении χ , что надо учитывать, в случае если оптимизация подшипника проводится при малых значениях параметра χ т.е. для снижения продолжительности сухого трения и обеспечения как можно более раннего всплывтия ротора.

Более сильной зависимостью ψ^{opt} от χ становится при увеличении значения параметра \bar{R}_l . Например, если при значении $\bar{R}_l=0,1$ оптимальное значение количества секторов изменяется от 1 до 3, то при $\bar{R}_l=0,6$ уже от 3 до 9.

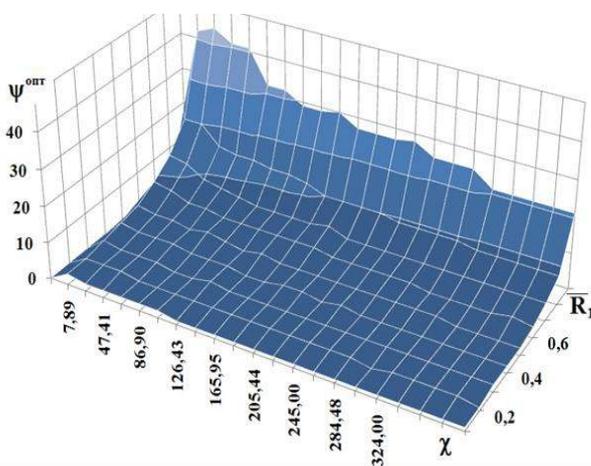


Рис.3 Оптимальные значения количества секторов

В случае с \bar{L}_{var}^{opt} (рис.4) можно указать, что здесь наибольшее влияние оказывает параметр χ . При наибольшем и наименьшем значениях χ из рассматриваемого диапазона, \bar{L}_{var}^{opt} изменяется на 0,1 во всем диапазоне изменения \bar{R}_1 .

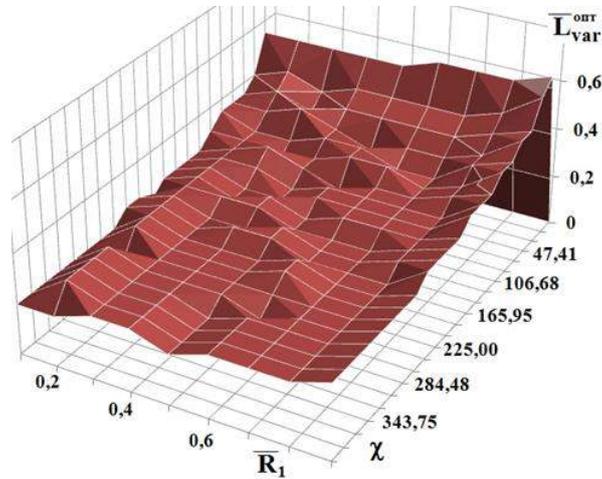


Рис.4 Оптимальные значения относительной протяженности клиновидного участка

При этом при изменении параметра χ от наименьшего до наибольшего значений для любого значения \bar{R}_1 \bar{L}_{var}^{opt} изменяется на 0,4.

Поскольку для обеспечения раннего всплытия ротора, оптимизацию надо проводить при малых значениях χ , то здесь можно указать практически единственное оптимальное значение \bar{L}_{var}^{opt} лежащее в диапазоне 0,55 – 0,65.

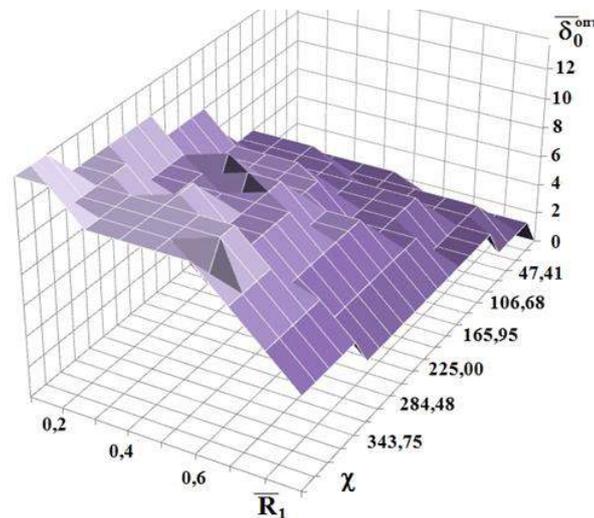


Рис.5 Оптимальные значения относительной глубины клиновидного участка

Поэтому с приемлемой для практики точности можно указать на значение \bar{L}_{var}^{opt} равным 0,6 для любых случаев. Отметим, что такой вывод упрощает задачу поскольку один из трех параметров, рассматриваемых в процессе решения оптимизационной задачи, выводится из нее с конкретным постоянным значением.

К аналогичному выводу можно прийти при рассмотрении множества значений $\bar{\delta}_0^{opt}$ (рис.5): при самых малых значениях χ значение $\bar{\delta}_0^{opt}$ практически одинаково для любого конструктивного варианта подшипника и равно 1,67.

Можно сделать вывод, что во многих практических случаях должно использоваться именно такое значение относительной глубины клиновидного участка.

Заключение

Проведенный численный эксперимент, позволяет сделать следующие выводы:

1. Подшипники, для которых оптимизация проведена при малых значениях параметра χ имеют более низкое значение частоты всплывания ротора по сравнению с подшипниками у которых оптимизация проведена при значениях χ соответствующих номинальному режиму работы.

2. Полученные значения максимумов коэффициента несущей способности и соответствующих значений оптимальных параметров относительной протяженности клиновидного участка, относительной глубины клиновидного участка, количества секторов позволяют разработчику, не прибегая к специальному программному обеспечению определить оптимальную форму смазочного зазора проектируемого подшипника и соответствующую несущую способность подшипника.

3. С достаточной для решения практических задач точностью можно принимать оптимальные значения параметров $\bar{L}_{var}^{opt}=0,6$, $\bar{\delta}_0^{opt}=1,67$.

Список литературы

1. Грибиниченко, М.В. Осевые гибридные подшипники с газовой смазкой для турбокомпрессоров наддува судовых ДВС.: Дис... канд.техн.наук. Владивосток., ДВГТУ, 2006.– 146 с.
2. Грибиниченко, М.В. Численный эксперимент при исследовании свойств смазочного слоя осевых подшипников с газовой смазкой / М.В. Грибиниченко, А.В. Куренский, А.А. Самсонов, Ю.Я. Фершалов // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2011. – № 12. – С. 18-20.
3. Константиnescу, В. Н. Газовая смазка / В.Н. Константиnescу. – М.: Машиностроение, 1968 –708с.
4. Куренский А.В., Повышение несущей способности осевых гибридных лепестковых подшипников с газовой смазкой судовых турбомашин.: Дис... канд.техн.наук. Владивосток., ДВГТУ, 2012.– 174 с.
5. Самсонов, А. И. Подшипники с газовой смазкой для турбомашин: учебное пособие / А.И. Самсонов. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ,1996. – 112с.

References

1. Gribinichenko, M.V. Axial hybrid bearings with gas lubrication for turbochargers for supercharged ship internal combustion engines: Dis ... Candidate of Technical Sciences. Vladivostok., FESTU, 2006. 146 p.
2. Gribinichenko, M.V. Numerical experiment in the study of the properties of the lubricating layer of axial bearings with gas lubrication. M.V. Gribinichenko, A.V. Kurensky, A.A. Samsonov, Yu.Ya. Fershalov. Friction and lubrication in machines and mechanisms. 2011. № 12. p. 18-20.
3. Constantinescu, V.N. Gas lubrication. V.N. Constantinescu. M.: Mashinostroenie, 1968. 708 p.
4. Kurensky A.V., Increasing the bearing capacity of axial hybrid petal bearings with gas lubrication of ship turbomachines: Dis ... Cand.Tech.Sci. Vladivostok., FESTU, 2012. 174 p.
5. Samsonov, A. I. Gas-lubricated bearings for turbomachines: study guide. A.I. Samsonov. Vladivostok: Publishing house FESTU, 1996. 112 p.

СЕКЦИЯ №9.

АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.07.10)

СЕКЦИЯ №10.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.23.00)

IMPLEMENTATION OF ORGANIC ARCHITECTURE PRINCIPLES IN CIVIL ENGINEERING FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION

Zakharova A.A., Dmitrieva N. K.

PetrSU, RF, Petrozavodsk

Summary: Modern civil engineering may trigger serious ecological problems. The use of organic architecture principles and methods is one of the most effective ways to assist in meeting these challenges. Moreover, implementation of the principles of organic architecture makes constructed objects more aesthetically pleasing and creates harmony between people and nature.

Key words: organic architecture, ecology, civil engineering

Ecological problems have become a real issue of our planet, and the cause of these problems is the aggressive activity of a human being. People are seriously concerned with the perspective of possible ecological catastrophes, and they aspire to reduce their pernicious environmental impact. It is impossible to bring back what has already been destroyed, and that is why the humanity should think about protection and restoration of what has been left.

Considering that, the easiest way to solve this problem would be to stop construction works to save land funds and to start living in caves. It is hard to disagree that this option looks attractive, therefore, I would like to suggest another solution, namely, employment of the principles of organic architecture in civil engineering.

Organic architecture is not just an architectural trend. It's a real philosophy that is founded on the idea of unity and harmony between human beings and environment. The history of organic architecture dates back to the end of the 19th century. Its principles are opposed to the principles of functionalism, another trend in contemporary architecture.

For the first time the definition of the term "organic architecture" was formulated by Louis Henry Sullivan. This innovation was further developed by his disciple, Frank Lloyd Wright. He elaborated the main principles of organic architecture.

F. L. Wright defined organic architecture as a type of architecture in which wholeness acts as an ideal in a philosophical sense where a whole is related to a part as a part related to a whole.

The most attractive feature of this architectural style is harmonious coexistence of a building – an exterior of which flows from inside – with the landscape. There is no need to level a building site and to get rid of green spaces because organic architecture means soft interaction with the existing landscape.

To design buildings F. L. Wright used the following principles:

1. The principle of minimization: it implies reduction of a number of building's parts and rooms in the way that they constitute an organic whole, and this whole is full with air making the sense of unity in every point of the structure.

2. The principle of consistency: the building and the land plot create a whole by giving a horizontal extent to the building, namely, by emphasizing its horizontal planes. Wherein the construction should not occupy the best part of the land plot, vice versa, the most complimenting part should become a continuation of the building.

3. The principle of shapeliness: all proportions of the structure should be as close as possible to the proportions of a human beings. Also it is necessary to make a constructive decision, which provides the lowest consumption of space.

4. The principle of wholeness: the number of partitions and walls' apertures should be kept to a minimum. This is needed for a single space creation. Also walls and ceilings should smoothly transfer into each other for the same purpose.

5. The principle of mono-construction material: resort to several different building materials is not acceptable. It is also recommended to use natural building materials, such as wood and stone. In addition a building should be done without any internal and external sheathing, shaping decor elements from surface construction materials. Decor elements, that do not act as a natural continuation of employed building materials, should be excluded.

6. The principle of engineering integrity: engineering systems should be designed in the way that provides maximum integration with the whole building, in other words, engineering systems should be made as a part of the built structures.

Summing it all up, it can be assumed that the main principle of organic architecture is based on the idea of enlargement and exclusion, which means simplification of the design of the structure not leading to the boring and primitive “box”.

These principles were relevant in the early 20th century, but over the years new building technologies and materials have appeared, and it took civil engineering to a new level. We can deplete the planet if we continue to use natural building materials everywhere. That is why the development of new artificial environmentally friendly building materials is one of the most important problems to be solved in the nearest future.

For reasons stated at the beginning of the article, contemporary architects use principles of F. L. Wright’s philosophy in their works. For the sake of saving unique landscape they create projects organically incorporating them. The shape of these buildings follows from the environmental terrain. There are two methods to achieve this: the first one is biomorphism – the repetition of natural forms, and the second one is integration directly into the landscape. One of the most canonical example of these methods is a Fallingwater house (1936 – 1939) by F. L. Wright.

Natural building materials are still used in organic architecture. Earlier such constructions were based on the principle of the mono-construction material approach. Today the architects combine light construction materials with the heavy ones, for example, wood and concrete. This technique helps to create interesting and attractive interior and exterior without using additional decor elements, as it was originally meant by organic architecture principles.

At the beginning of the 20th century ribbon or panoramic glazing was not a common occurrence, which differs greatly from modern architecture. Plenty of natural light creates an atmosphere of freedom. It is a very important feature of organic architecture. This kind of glazing promotes reduction of the use of artificial light sources. Glass is used for the indoor zoning to create an illusion of a single space and harmony between outer and inner space. Since organic architecture is determined by climatic features of the area, in which a construction is built, many architects try to use it to create an effect of the space overflow. In other words, to create an illusion of the gradual transfer of the interior space into the exterior environment and vice versa.

The picture of harmony between a human being and nature is completed by a wide scale gardening of the living space. It looks very spectacular, especially when plants used for decor match up with the native flora. Thereby, the building looks more organic, moreover, the presence of plants in the house as well as a maximum glazing have a very positive effect on the emotional health of human beings.

The principles and methods that were given above may seem actual only for private low-rise constructions, but it is unfair to completely limit their application to such structures. Some works of F. L. Wright can prove it. For example his Larkin Company Administration Building in Buffalo, New York: it was the first time when glass doors and built-in furniture characteristic of organic architecture were applied. Moreover, an atrium space planning structure, which means that rooms with people were located around inner space called atrium, were employed for the first time as well. This allowed him to get the top and side lighting.

In addition, one of the most illustrative examples of using organic architecture principles in designing public and high-rise buildings are Solomon R. Guggenheim Museum in New York and The Price Tower in Bartlesville, Oklahoma. Over the years, the building sector has developed enough to create new materials and technologies, which can help to apply organic architecture principles more widely. The spread of the organic style in modern architecture will reduce damage that civil engineering inflicts on our planet.

Definitely, this style has very high aesthetic indicators. It is important because buildings built in the period of functionalism are not attractive enough. Methods and principles of organic architecture can help residents to find harmony with nature and maybe even change their lifestyle. I think, the most important feature of organic architecture is harmony between constructed buildings and the environment itself. The spread of organic architecture principles together with eco-friendly building principles can help us reduce negative impact of the process of the buildings’ construction and operation. It also can help us preserve our planet for future generation.

References

1. Five Signs of Organic Architecture. [Electronic source] : Losko.ru – Electronic data. – URL: <https://losko.ru/5-signs-of-organic-architecture/> (12.07.2019)

2. Legacy: Essay. [Electronic source] : Legacy: Essay– Electronic data. – URL: <http://www.pbs.org/flw/legacy/essay1.html> (10.07.2019)
3. Organic Architecture. [Electronic source] : NOVOSIBDOM.RU – Electronic data. – URL: <http://arx.novosibdom.ru/node/484> (12.07.2019)
4. Organic Architecture. [Electronic source] : Wikipedia.org – Electronic data. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Organic_architecture (10.07.2019)
5. Organic Architecture as a Design Tool. [Electronic source] : ThoughtCo.com – Electronic data. – URL: <https://www.thoughtco.com/organic-architecture-nature-as-a-tool-178199> (12.07.2019)
6. Wright on the Web. [Electronic source] : Wright on the Web – Electronic data. – URL: <https://www.wrightontheweb.net/resources/> (10.07.2019)

ИССЛЕДОВАНИЕ И СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК

Некрасов С.А.

ВятГУ, РФ, г. Киров

Аннотация: В настоящее время актуальным является разработка новых способов усиления железобетонных конструкций. Данная статья направлена на изучение и сравнение различных способов усиления конструкций. В работе исследован новый способ усиления железобетонной балки: приклеивание металлического двутавра. Приведен анализ и сделаны выводы на основе экспериментальных данных. Отмечено, что по сравнению с традиционным методом подведения усиливающей балки, приклеивание увеличивает несущую способность на 37% больше.

Ключевые слова: усиление, железобетон, углепластик, композит.

Введение

Российские и зарубежные исследователи в течение последних нескольких десятилетий уделяют особое внимание ремонту и укреплению несущих строительных конструкций [2, 5]. Улучшение эффективности ремонтных работ в данный момент невозможно представить без улучшения проектных решений по усилению конструкций, которые могут обеспечить их экономичность, долговечность и в том числе надежность.

Существующие способы усиления железобетонных конструкций с использованием стальной арматуры, подведением опоры и приклеиванием стальных пластин оказываются более трудозатратным. Исходя из этого необходимо использовать новые способы усиления и технологии, а также использовать современные материалы для усиления железобетонных конструкции. Приклеивание композитных материалов на основе прочных углеродных волокон к конструкциям является привлекательной альтернативой существующих методов. Этот материал устойчив к коррозии, легкий, имеет высокое отношение прочности к весу, и обладает непроводящими свойствами.

В последнее время было исследовано и успешно использовано усиление железобетонных и каменных конструкций композитными материалами [1, 3, 4]. Самым распространенным решением при усилении изгибаемых железобетонных конструкций с применением композитных материалов - это расположение материала внешнего армирования со стороны растянутых волокон в пролетной зоне конструкций. В частности, приклеивание композитного материала к растянутой поверхности железобетонных балок обеспечило увеличение жесткости и грузоподъемность конструкции. Композитные материалы из углеродных волокон обладают высокой прочностью, жесткостью и высоким модулем упругости, поэтому в настоящее время они имеют хорошие перспективы применения при усилении железобетонных конструкций.

Цель исследования

Изучение и сравнение различных вариантов усиления железобетонных балок, на основе имеющихся методик расчета усиления железобетонных балок.

Задачи исследования

- изучить различные виды усиления железобетонных конструкций
- получить конструктивно-технические характеристики балок, усиленных различными способами

- определить целесообразность применения различных методов усиления железобетонных конструкций.

Ведущий подход

Материалы. Балки состоят следующих из материалов: бетон, арматурная сталь, адгезив и стальной двутавр.

Образец балки был заказан у местного завода и прибыл в виде готового железобетонного изделия. Состав бетона включает цемент марки М250, мелкий заполнитель - песок и крупный заполнитель - речной гравий. Кроме того, никакие примеси не присутствовали в бетоне.

Начиная с 28 дня после отливки, каждый из образцов тестировался в разные моменты времени в течение трех месяцев. В таблице 1 приведены результаты испытаний. Средняя прочность на сжатие составляет 31,3 МПа, что соответствует марке М250.

Таблица 1

Результаты испытаний на прочность		
Дни после отливки	Показатели прочности	Средний показатель прочности
28	29,5	31,3
56	32,3	
84	30,1	
112	33,2	

В качестве продольной арматуры была использована сталь класса А-III с номинальным диаметром 10 мм класса А-III для стержней на растяжение и 6 мм класса А-III для сжатых стержней. Вертикальная арматура состоит из хомутов с номинальным диаметром 4 мм класса Вр-I.

В качестве упругой опоры была использована стальная балка. Был приобретен двутавр №10 по ГОСТ 8239-89 ($J_{x,f} = 198 \text{ см}^4$) выполненный, используя прокатный профиль из стали С245 ($E_{s1} = 2,06 \cdot 10^5$ МПа).

В качестве адгезива применялась эпоксидная смола ЭД-20 смешанная в соотношении 10:1 с отвердителем ПЭПА.

Методы. Самый важный фактор в создании комплексной системы железобетонной балки и двутавра это создание адекватной связи между материалами.

Железобетонная балка была сначала перевернута для упрощения приклеивания. Основание бетонной балки было по возможности максимально выровнено. После того, как поверхность была подготовлена, на поверхность растянутой стороны образца был нанесен клей. Так же клей был нанесен на полку двутавровой балки. Далее балка переворачивалась и опускалась на двутавр. После того как двутавр был установлен, клею дали время для приобретения жесткости. Таким образом, образец отвердевал в течение, по крайней мере, 72 часов (хотя по инструкции производителя достаточно и 24 часов). Составная балка имела адекватную связь после осмотра. Адекватная связь характеризуется отсутствием просвета, отрыва или сдвига клея.

Балка измерялась различными измерительными приборами чтобы проследить ее поведение на протяжении тестирования. Измерялось приращение расстояний между двумя точками поверхности и внешние изменения деформации. Все измерения данных записывались каждые 100-400 кг нагрузки.

Тензомер ТА-2 системы Аистова Н.Н. со счетчиком оборотов предназначается для измерения приращения расстояний между двумя точками на поверхности медленно деформируемых тел с точностью до 1 микрона.

Два тензометра зафиксировали в середине пролета на растянутых и сжатых волокнах балки. Для бетона использовалась база длиной 148мм, для стали 50мм. Третий тензомер установили посередине высоты сечения железобетонной балки.

Установив тензомер на поверхности испытываемого элемента и прижав его к последнему с помощью струбцинки, вывинчивают микрометрический винт вращением лимба до того положения, пока острие не коснется пера, что узнается по электросигналу, и в этот момент берется отсчет по шкале лимба, пользуясь указателем. Момент появления сигнала фиксировался включением светодиода подключенного в цепь.

Загрузка балки производится двумя сосредоточенными силами, приложенными приблизительно в 1/3 расчетного пролета. Расчетная схема загрузки показана на рис. 1.

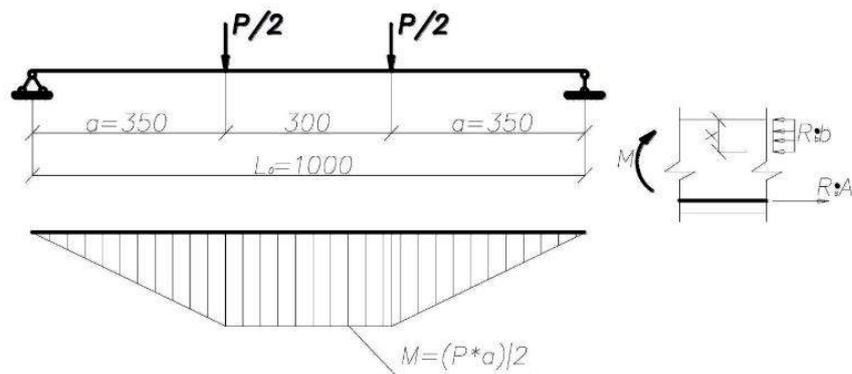


Рис. 1. Схема загрузки балки при испытании

Результаты исследований, их обсуждение

Первое испытание проводилось без усиления. Нагрузка была принята равной 80% от разрушающей. Шаг нагружения был равен 100кг.

Второе испытание проводилось с усилением балки подведением упругой опоры. Максимальная нагрузка была принята по относительному сжатию сжатых волокон бетона. Когда относительное сжатие достигло значения близкого к 0.0005135, загрузке прекращалось. Шаг нагружения 100-300кг.

Третье испытание проводилось с приклеиванием двутавровой балки. Максимальная нагрузка прикладывалась до момента отрыва клея. Шаг нагружения был равен 100-400кг. Сравнение результатов испытаний представлено на рис 2.

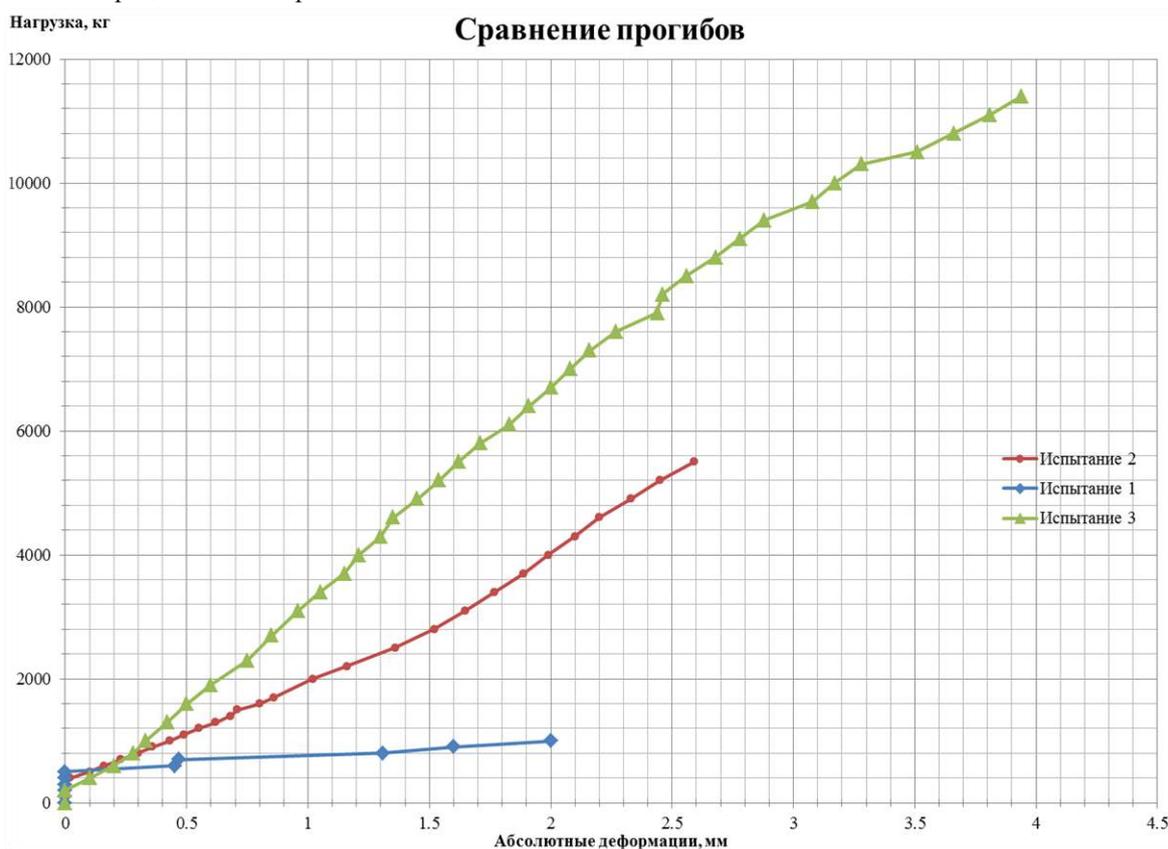


Рис. 2. Сравнение результатов испытаний

Из показателей видно (таблица 2), что изложенные методы расчета с достаточной точностью позволяют оценить прочность нормальных сечений конструкции. Аналитические зависимости совпадают с наблюдениями в натуральных экспериментах. Результаты расчетов прочности по предложенным методам удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными.

Результаты экспериментальных исследований

Загружаемая балка	Несущая способность по изгибающему моменту, кН·м	Разрушающее усилие, кН	Процентное соотношение	Сравнение с теоретическими расчетами
Балка без усиления	2.1	10+20%=12 (загружение было на 0.8 от разрушающей)	100%	100.75%
Балка, усиленная подведением упругой опоры	11.55	55+20%=66 (то же)	550%	109.76%
Балка, усиленная приклеенным двутавром	18.38	105	875%	93.95%

Метод расчета прочности сталежелезобетонных изгибаемых элементов позволяет с достаточной точностью оценить напряженно-деформированное состояние и прочность сталежелезобетонных изгибаемых конструкций с учетом пространственной работы на всех стадиях нагружения.

Исследованием выяснено, что изменение соотношений жесткостей $E_b J_b / E_s J_s$ значительно влияет на распределение усилий в железобетонной и стальной балке сталежелезобетонного изгибаемого элемента

При нагружении происходит изменение деформаций бетона сжатой зоны и растянутой зоны стальной балки. Деформации с различной интенсивностью развиваются на всем протяжении испытаний, наиболее заметные изменения происходят в начальный период нагружения. Испытания позволили установить, что уменьшение податливости соединения приводит к уменьшению деформаций бетона, стальной балки и прогибов, а также к увеличению прочности опытного сталежелезобетонного элемента.

Выводы

В данной работе были произведены анализ и сравнение существующих методов усиления железобетонной конструкции и используемых материалов для усиления, а также исследован и экспериментально подтвержден новый метод усиления. Были представлены результаты расчетов усиления железобетонной балки различными материалами. Проведенный анализ показал, что наиболее эффективным способом усиления железобетонных конструкций - это применение приклеенной двутавровой балки. Но использование композитных материалов на основе высокопрочных углеродных волокон более выгодно экономически. Трудоемкость обоих методов сравнительно равнозначна.

Список литературы

1. Ключев А.В. Усиление изгибаемых конструкций композитами на основе углеволокна // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 38-41
2. Шевцов Д.А. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами // Промышленное и гражданское строительство. 2014. №8. С. 61-65.
3. An, W., Saadatmanesh, H. and Ehsani, M. (1991). "RC Beams Strengthened with GFRP Plates II: Analysis and Parametric Study." Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 117, pp. 3434-3455.
4. Meier, U., Deuring, M., Meier, H., and Schweger, G. (1992). "Strengthening of Structures with CFRP Laminates: Research and Applications in Switzerland." Proceeding of the First International Conference on Advanced Composite Materials in Bridges and Structures, Sherbrooke, pp. 243-251.
5. Naaman, A. And Joeng, S. (1995). "Structural Ductility of Concrete Prestressed Beams with FRP Tendons." Proceeding of the Second International RILEM Symposium – Non-Metallic (FRP) Reinforcement for Concrete Structures, Ghent, Belgium, pp. 379-386.

АРХИТЕКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОНОМНОГО РОБОТА-ПАРКОВЩИКА В АВТОСТОЯНКЕ

Хрусталеv Д.А.

канд. арх.

г. Москва

Автостоянка в недалеком будущем может измениться. Технологические решения при применении микрокомпьютерной техники помогают парковать автомобили. Выгоды при использовании электромеханических помощников очевидны. Они в большей мере проявляются в густонаселенных городах, особенно - в их центральных частях [1]. Дороговизна самих механизмов и их обслуживания существенно замедляет процессы распространения этой техники [2]. Оттого инженерная мысль создает разные приспособления, упрощающие использование техникой.

Недавно на конкурсе Интеллект-решений (Design Intelligence Award 2018) победил робот-парковщик [3]. В настоящей статье рассматривается архитектурный взгляд на применение этого устройства в автостоянках.

Принцип действия устройства. Робот представляет собой платформу высотой около 12-15 см. Габариты в плане сопоставимы с размерами легкового автомобиля малого класса (около 1,6x3,5 м). Наверху платформы предусмотрены домкраты, по периметру - датчики и фонари. Устройство работает на встроенных аккумуляторах. Автомобили перемещаются этим роботом не непосредственно, а через дополнительный элемент - раму. Технология - следующая (пример с загрузкой автомобиля в автостоянку):

1. Автомобиль заезжает в зону высадки-посадки, размещается неподвижно на раме, водитель покидает машину и запирает ее.
2. Под раму въезжает робот-парковщик, приподнимает раму с автомобилем и уезжает с нею к парковочному месту.
3. Опустив раму в парковочном месте, робот выезжает из-под нее и освобождается для дальнейших действий.

Дальнейшие действия - выдача автомобиля (обратная последовательность действий по загрузке), загрузка следующего автомобиля, зарядка аккумуляторов или профилактика. Для автостоянки в целом нужны несколько роботов и большое количество рам - согласно количеству парковочных мест.

Достоинства этого принципа парковки в сравнении с другими электромеханическими парковочными системами следующие:

1. Упрощено перемещение автомобилей от места высадки-посадки к месту хранения. Нет необходимости в направляющих, поскольку для перемещения автомобиля робот ориентируется на данные датчиков и радиосигналы.
2. Каждый робот-парковщик автономен, имеет феноменальную маневренность и сравнительно прост в управлении.
3. По-прежнему применима плотная расстановка автомобилей, не требующая резерв безопасности для открывания дверей.
4. По-прежнему малы зона для высадки-посадки. Так, незначительны габариты участка ответственности служб охраны и безопасности. Необходимы лишь меры по обеспечению аккуратности при заезде на рамы и при перемещении рам.
5. Рамы для хранения автомобилей предельно просты. Эта их особенность позволяет значительно увеличивать вместимость автостоянки. При неизменном количестве роботов увеличение вместимости автостоянки пропорционально связано с увеличением времени ожидания автомобиля. Если условно увеличить площадь помещения хранения в 2 раза, то, при сохранении исходного количества роботов, нужно изготовить рамы и дополнить программу управления роботами. То есть незначительными усилиями удваивается вместимость. Увеличивается лишь время доставки автомобилей.
6. В аварийном случае (сбой робот-парковщиков) весь объем автостоянки возможно переоборудовать под ординарную систему манежного хранения автомобилей. Для этого надо будет убрать рамы, роботы и пожертвовать вместимостью стоянки в целом.

7. Есть возможность мыть пол автостоянки вне зависимости от наличия и типа автомобилей. Эксплуатация роботов, подобных парковщику, для поддержания чистоты практикуется повсеместно и в бытовых, и в промышленных масштабах.

Недостатки этого принципа парковки в сравнении с другими электромеханическими парковочными системами следующие:

1. Зона высадки-посадки должна быть на другой отметке, нежели отметка пола автостоянки. Это - вынужденная мера при использовании рам. При аварийном переходе на маневренный тип автостоянки перепад в 20-25см (высота рамы) нивелируется рампой длиной 1,4-2,0м.

2. Требуется регулярное обслуживание пола автостоянки, поскольку роботы используют поверхность пола для маневрирования и ориентации. Это - благо для всего комплекса задач по эксплуатации пространства как емкости, но обуза для служб, учитывая значительную площадь зоны работ. При рециркуляции применяемой воды, ресурсозатраты можно минимизировать [4].

3. Система в целом - одноуровневая, это заметнейшее отличие от конкурентов системы [5]. Если необходимо увеличить емкость автостоянки за счет высоты зоны хранения - нужно устраивать иное перекрытие, создавать другую зону высадки-посадки. Зато роботы и рамы на каждом из этажей одинаковы! А эта унификация немаловажна!

Перспективные архитектурные мероприятия по возможному применению этого типа электромеханических помощников:

1. Использование плоских полов без уклонов. Это возможно при увеличении количества водосборных лотков. Такая мера упростит движение роботов и придаст устойчивость рамам в нагруженном автомобилем состоянии.

2. Для внедрения этого типа помощников возможно использование локального устройства высадки-посадки с рампами, нивелирующими отметки для автомобилей с отметок пола на отметки рам. При этом перемещение по этим рампам возможно, когда управление автомобилем - в руках водителя.

3. Для подачи и изъятия рам при зоне высадки-посадки нужна дополнительная площадка, к которой должен быть организован доступ роботов-парковщиков. Поскольку эта площадка находится непосредственно при зоне выгрузки-погрузки - в доступе водителей, пассажиров, а возможно и их питомцев, нужны особые решения по безопасности и аккуратности использования. Наличие резерва рам при зоне выгрузки-погрузки может сократить время заполнения и опорожнения автостоянки в целом.

4. Удобство комплекта рама-робот не требует специальных зон для хранения ни роботов, ни рам (за исключением нескольких резервных рам у зоны выгрузки-погрузки). Но для зарядки аккумуляторов роботов нужно наличие силовой проводки и устройств для подключения в полу. Желательно рассредоточенное размещение этих мест зарядки для более равномерного заполнения автостоянки.

Автор считает, что применение роботов-парковщиков этого типа упрощает применение электромеханических помощников для хранения автомобилей. Достоинств у этого технологического принципа больше, чем недостатков. Но важен и экономический расчет. Ситуация с роботами-парковщиками сопоставима с той, что складывается с роботами-пылесосами [6]:

- Роботы-пылесосы дороже пылесосов с ручным управлением, оттого менее востребованы;

- Роботы-пылесосы сложнее пылесосов с ручным управлением, оттого менее ремонтпригодны;

- Роботы-пылесосы автономнее пылесосов с ручным управлением, поэтому их выбирают и пользуются параллельно. У каждого из них оказывается своя ниша/модель применения [7].

В целом, электромеханические помощники парковки развиваются по пути упрощения использования, дифференциации ответственности и уменьшения удельной себестоимости хранения автомобилей. Рассмотренный в статье робот - очень удачный вариант, с которым каждый из нас обязательно встретится!

Список литературы

1. Пекин О. А. Методы и принципы формирования многоэтажных гаражей-стоянок, размещаемых в нефункционирующих промышленных комплексах. Диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры. Москва, 2003 г. 154 с.

2. Подвигалкин В. Я. Робот в технологическом модуле. Монография. Издательство Лань, СПб, 2019 г. ISBN: 978-5-8114-2979-0. 140 с.

3. <http://en.di-award.org/exhibition/354.html> [электронный ресурс, дата обращения 12.07.2019г.] - Конкурс Интеллект-решений 2018г. Золотая медаль.

4. Русакович А. А. Совершенствование технологии очистки природных и сточных вод от нефти и нефтепродуктов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности "Экология". Уфа, 2006 г. 129 с.
5. <http://abava.net/parking/#ihi> [электронный ресурс, дата обращения 12.07.2019г.] - Автоматические роботизированные парковки производства ИНИ (Япония).
6. <https://mtop.info/tekhnika/roboty-pylesosy/> [электронный ресурс, дата обращения 12.07.2019г.] - Обзор возможностей робот-пылесосов 2018-2019 гг. выпуска.
7. https://btest.ru/reviews/pylesosy_iz_buduwego_roboty_idut_chtoby_tut_zhe_ubratsya/ [электронный ресурс, дата обращения 22.12.2016г.] - Экспертиза и тесты робот-пылесосов. История и особенности на 2011 г.

СЕКЦИЯ №11.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.17.00)

СЕКЦИЯ №12.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.18.00)

СЕКЦИЯ №13.

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.19.00)

СЕКЦИЯ №14.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.11.00, 05.12.00)

СЕКЦИЯ №15.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.09.00)

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ДЛЯ ШАХТНОГО ГОРНОРУДНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Шевчук В.А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Добыча полезных ископаемых шахтным методом на данный момент активно применяется по всему миру. Её главным преимуществом является возможность добычи ископаемых, находящихся глубоко в недрах, без значительных изменений рельефа и независимо от климата. В связи с этим эксплуатация горного оборудования происходит на основе электропривода. В основном применяется электропривод на основе асинхронного двигателя (АД), достоинствами которого является простота конструкции, ремонта, пуска и автоматизации. Однако применение вентильного индукторного двигателя (ВИД) является более эффективным решением поскольку имеет повышенную живучесть, высокий уровень КПД при габаритах меньших АД и прочее [1-11, 17, 18,]. Целью работы является обосновать с помощью метода «Дерево отказов» эффективность применения вентильно-индукторного двигателя в условиях шахтного метода добычи полезных ископаемых методом дерева отказов.

Метод «Дерево отказов» — это дедуктивный метод определения условий и факторов, способных привести к определенному нежелательному (головному) событию и представляет логически организованную графическую конструкцию, в которой демонстрируется взаимодействие элементов системы, отказ которых по отдельности или в сочетании может способствовать отказу системы в целом [14]. Основной целью построения дерева отказов является символическое представление существующих в

системе условий, способных вызвать ее отказ. Кроме того, дерево отказов позволяет показать в явном виде слабые места системы и является наглядным средством представления и обоснования принимаемых решений, а также средством исследования компромиссных соотношений или установления степени соответствия конструкции системы заданным требованиям [13, 14].

Построение дерева отказов, как правило, начинается с выбора главного события, которое имеет большое значение для результата анализа. Главное событие должно быть выбрано конкретно и недвусмысленно [11]. В данном случае головным событием является отказ вентильного двигателя, которое происходит в связи с отказом одного из трёх основных элементов: электромеханического преобразователя, полупроводникового коммутатора и датчика положения ротора. Головное событие может быть вызвано тремя видами отказов [11, 12]:

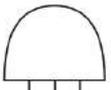
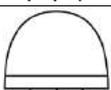
1. иницирующими - неправильными действиями персонала (человеческий фактор);
2. первичными - естественные процессы износа и старения;
3. вторичными, возникающими при нарушении проектных и нормативных требований, технических условий и так далее.

Однако такое разделение является условным, поскольку человеческий фактор является основной причиной возникновения отказов. Например, процессы старения и износа элементов не были своевременно обнаружены в результате плохой диагностики или некачественного ремонта.

В структуру дерева отказов входят события, которые приводят к головному событию (внешние воздействия, отказы элементов, человеческий фактор и прочие), и объединяются с помощью логических знаков (табл. 1). При построении дерева отказов выполняются следующие операции: значения вероятностей отказов на входах элемента «ИЛИ» складываются, а значения вероятностей отказов входах элемента «И» перемножаются [14].

Краткое представление дерева отказов АД представлено на рис. 1, в котором представлены отказы трёх основных элементов, отказ, одного из которых, согласно дереву, ведёт к отказу АД.

Табл. 1. Логические знаки «дерева отказов»

Логический знак		Пояснение
Графическое изображение	Название	
	Или	Вышестоящее событие может произойти вследствие возникновения одного из нижестоящих событий.
	И	Вышестоящее событие возникает при одновременном наступлении нижестоящих событий.
	Приоритетное И	Вышестоящее событие наступает, если предыдущие события происходят в нужном порядке слева направо.

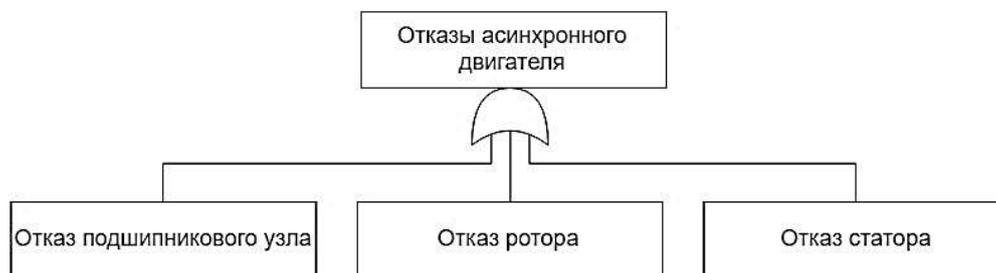


Рис. 1. Краткое дерево отказов асинхронного двигателя

В настоящее время интенсивность отказов (λ) является основной характеристикой вероятности безотказной работы, приводимой в технических документах. В данной работе для асинхронного двигателя интенсивности отказов элементов получены из журналов и отчётов о ремонте асинхронных двигателей, эксплуатируемых в условиях алмазодобывающего рудника в г. Мирный. Данные об интенсивности отказов сведены в табл. 2.

Деревья отказов вентильного и вентильно-индукторного двигателей представлены на рис. 2-5.

Табл. 2. Интенсивности отказов элементов асинхронного двигателя

Элемент двигателя	Подшипниковый узел	Ротор	Статор	Асинхронный двигатель
$\lambda_3 * 10^{-4}, ч^{-1}$	7,27	6,93	4,72	18,92



Рис. 2. Дерево отказов вентильно-индукторного двигателя



Рис. 3. Дерево отказов полупроводникового коммутатора



Рис. 4. Дерево отказов датчика Холла положения ротора



Рис. 5. Дерево отказов силового преобразователя

В реальных условиях эксплуатация может происходить в жёстких условиях, далёких от нормальных, в связи с чем возникает задача определения интенсивности отказов, соответствующей эксплуатационным факторам. Такая интенсивность носит название эксплуатационная и рассчитывается по формуле (1) [15, 16]:

$$\lambda_3 = \lambda_6 \prod_{i=1}^m K_i, \quad (1)$$

где λ_6 - справочное значение интенсивности отказов элемента; m - количество факторов, принятых во внимание из числа влияющих на безотказность элементов; K_i - поправочный коэффициент, учитывающий влияние i -го фактора.

Для элементов вентильного и вентильно-индукторного двигателей характерны следующие формулы (2-5) эксплуатационной интенсивности отказов [15, 16]:

- диод, транзистор:

$$\lambda_3 = \lambda_6 K_p K_\phi K_s K_3 K_{пр} \quad (2)$$

- резистор:

$$\lambda_3 = \lambda_6 K_p K_R K_3 K_{пр} \quad (3)$$

- согласующий трансформатор:

$$\lambda_3 = \lambda_6 K_t K_3 K_{пр} \quad (4)$$

- конденсатор:

$$\lambda_3 = \lambda_6 K_p K_C K_3 K_{пр} \quad (5)$$

где λ_6 - справочное значение интенсивности отказов элемента; K_p - поправочный коэффициент, учитывающий зависимость от электрической нагрузки и температуры окружающей среды ил корпуса; K_ϕ - поправочный коэффициент, учитывающий зависимость от функционального назначения прибора; K_s - поправочный коэффициент, учитывающий зависимость от величины рабочего напряжения относительно максимально допустимого; K_3 - поправочный коэффициент, учитывающий коэффициент жесткости условий эксплуатации; K_R - поправочный коэффициент, учитывающий зависимость от величины номинального сопротивления; K_C - поправочный коэффициент, учитывающий зависимость от величины номинальной емкости; K_t - поправочный коэффициент, учитывающий зависимость от максимально допустимых температур.

В табл. 3 представлены результаты расчётов эксплуатационной интенсивности отказов элементов вентильно-индукторного двигателя.

Табл. 3. Результаты расчётов эксплуатационной интенсивности отказов элементов вентильно-индукторного двигателя.

Элемент		Коэффициент	Кол-во элементов, n	$\prod_{i=1}^m K_i$	$\lambda_3 * 10^{-6}, \text{ ч}^{-1}$	$\lambda_3 * n * 10^{-6}, \text{ ч}^{-1}$	
Полупроводниковый коммутатор		Диод	6	0,384	0,010	0,06	
		Транзистор	6	1,741	0,077	0,460	
Датчик положения ротора	Датчик Холла	Транзистор	1	3,731	0,164	0,164	
		Магнит	1	-	2,02	2,02	
	Фотоэлектрический датчик	Фотодиод	1	2,800	0,518	0,518	
		Индуктивный датчик	Дроссель	1	1,800	0,036	0,036
			Магнит	1	-	2,02	2,02
Силовой преобразователь	Выпрямитель	Резистор	1	4,050	0,203	0,203	
		Конденсатор	1	1,257	0,036	0,036	
		Диод	6	0,426	0,039	0,233	
		Транзистор	1	1,741	0,077	0,077	
		Трансформатор	1	1,000	0,002	0,002	
	Инвертор	Диод	6	0,170	0,016	0,093	
		Транзистор	6	1,741	0,077	0,460	
Датчик тока	Резистор		3	4,050	0,203	0,609	
	Магнит		3	-	2,02	6,06	
	Компаратор	Резистор	9	4,050	0,203	1,827	
		Транзистор	6	1,741	0,077	0,462	
Подшипниковый узел			2	-	0,42	0,84	
Обмотка статора			1	-	0,03	0,03	
Вентильно-индукторный двигатель с датчиком Холла			-	-	-	4,67	
Вентильно-индукторный двигатель с фотоэлектрическим датчиком			-	-	-	3	
Вентильно-индукторный двигатель с индуктивным датчиком			-	-	-	4,55	
Вентильно-индукторный двигатель с бездатчиковым управлением			-	-	-	11,44	

Согласно полученным значениям эксплуатационной интенсивности отказов асинхронного ($19,92 * 10^{-4} \text{ ч}^{-1}$) и вентильно-индукторного электродвигателей ($11,44 * 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$), наиболее эффективным решением

является эксплуатация вентильно-индукторного двигателя. Его применение позволит в несколько раз сократить простой горного оборудования в связи с внезапными отказами электродвигателя.

Список литературы

1. Odnokopylov G.I., Bragin A.D. Algorithms of fault tolerant control of induction motor electric drive in phase loss operate mode // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON): proceedings, Omsk, May 21–23, 2015. Новосибирск, 2015. P. 1–5.
2. Odnokopylov G.I., Bragin A.D. Fault tolerant vector control of induction motor drive (Article number 012015) // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2014. Vol. 66. no. 1. P. 1–6.
3. Odnokopylov G.I., Bragin A.D. Mathematical model of brushless DC motor in phase loss operation mode // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 698. p. 24–29.
4. Odnokopylov G.I., Rozaev I.A. Fault-tolerant control algorithms of switched-reluctance motor drive in open-phase modes // 2016 The 11th International Forum on Strategic Technology (IFOST): proceedings, Jun 1–3, 2016. Новосибирск, 2016. P. 140–144.
5. Odnokopylov G.I., Rozaev I.A. Fault-tolerant control of switched-reluctance drive in emergency modes // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON): proceedings, May 21–23, 2015. – Омск. 2015. P. 1–6.
6. Odnokopylov G.I., Rozaev I.A. Formation of failure matrix and failure-free control algorithm for multi-sectioned Switched-reluctance drive (Article number 012035) // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2014. Vol. 66. no. 1. P. 1–7.
7. Odnokopylov, G.I., Kumpyak, O.G., Galyautdinov, Z.R., Galyautdinov, D.R. Determination of vitality parameters of protected critical engineering structures under shock-wave loading [Electronic resources] // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering . — 2019. — Vol. 330, № 4. — P. 110-125.
8. Odnokopylov, G.I., Sarkisov, D.Y. Evaluation of breaking load parameters under shock wave loading for critical constructions of oil and gas sector facilities [Electronic resources] // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering . — 2017. — Vol. 328, № 3. — P. 85-95.
9. Odnokopylov, G.I., Sarkisov, D.Y., Butuzov, E.A. Evaluation of survivability degree of responsible building structures under shock wave loading [Electronic resources] // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering . — 2018. — Vol. 329, № 12. — P. 122-135.
10. Odnokopylov, G.I., Shevchuk, V.A., Dementyev, Y.N. Application of system analysis for providing reliability of electrical machines in diamond industry [Electronic resources] // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering . — 2019. — Vol. 330, № 5. — P. 131-140.
11. Vesely W.E. Fault Tree Handbook / F.F. Goldberg, N.H. Roberts, D.F. Haas. – U.S. Nuclear Regulatory Commission, D.C. 20555, January, 1981, с. 209.
12. Антонов А.В. Системный анализ. М.: Высшая школа, 2006. 454 с.
13. Деордица Ю.С. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений. Луганск: ВНУ, 2005. 64 с.
14. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Основы системного анализа. – Томск: Изд-во НТЛ. 2001. 396 с.
15. Справочник «Надежность ЭРИ». - М.: МО РФ, 2006.
16. Справочник по электрическим машинам / Под общ. ред. И.П. Копылова, Б.К. Клокова. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - Т.2. - 688 с.
17. Стекольников Ю.И. Живучесть систем. СПб.: Политехника, 2002. 155 с.
18. Шевчук В.А., Муравлев О.П. Анализ вероятности безотказной работы электрических машин в алмазодобывающей промышленности // Горное оборудование и электромеханика. 2018. № 4 (138). С. 39-46.

СЕКЦИЯ №16.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.26.00)

СЕКЦИЯ №17.

ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.13.12)

СЕКЦИЯ №18.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.02.22, 05.02.23)

СЕКЦИЯ №19.

НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.16.08)

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ ДЛЯ СИНТЕЗА НАНОПЛЕНОК

Шолина И.С., Герасимов Д.А., Есикова Ю.С.

СПбГЭТУ "ЛЭТИ", г. Санкт-Петербург

В настоящее время магнетронное распыление является самым распространенным и наиболее технологичным методом синтеза наноразмерных пленок различных материалов [1-6]. К несомненным достоинствам этого метода относится возможность проведения аналитического контроля в процессе синтеза нанопленок, очистка поверхности подложек перед нанесением покрытия методом ионной очистки [7-12].

Эффективным типом таких устройств является устройство магнетронного ионного распыления (МИР), которое содержит вакуумную камеру со средствами получения вакуума и управления им, подсоединенные к вакуумной камере через натекатели баллоны с рабочим и реактивным газом, средства контроля вакуума. Внутри вакуумной камеры находится держатель подложек, устройство магнетронного распыления (магнетрон), подсоединенные к держателю подложек два источника питания - низкого напряжения для питания магнетрона и высокого напряжения (источник ионной очистки).

В установке МИР формируется плазма аномального тлеющего разряда, в которую попадают нейтральные атомы мишени, выбитые из нее потоком падающих ионов плазмы и в дальнейшем осаждающиеся на подложке и формирующие наносимое покрытие. Преимуществом устройств МИР является возможность наносить наноразмерные по толщине однородные покрытия. [14-16].

К недостаткам устройств МИР относится низкая степень ионизации паров напыляемого вещества, которая составляет 5-10%, что приводит к ухудшению адгезии наносимого покрытия. С другой стороны установки МИР не позволяют произвести нагрев подложек непосредственно перед нанесением покрытия, [14-16]. Поэтому для синтеза нанопленок целесообразно использовать устройство, использующее электродуговое осаждение вещества из плазмы аномально тлеющего разряда [16].

Преимуществом такого устройства нанесения покрытий является более высокая адгезия напыляемого на подложку вещества. При возникновении дугового разряда на поверхности испарителя образуется так называемое катодное пятно с диаметром горения разряда дуги порядка 1-3 мкм при токе дуги 100-150 А. Таким образом на поверхности дугового испарителя имеется чрезвычайно высокая плотность тока, что вызывает локальное плавление испарителя в области пятна. Недостатком такой конструкции является наличие капельной фазы в плазменном осаждаемом потоке. Капли расплавленного металла появляются в связи с тем, что на катод испарителя подается небольшое отрицательное напряжение, которое вытягивает на себя часть ионов, образующихся в дуговом разряде из испаренных атомов катода.

Для избавления от этого недостатка в конструкцию устройства включено дополнительное магнетронное распылительное устройство и несколько дополнительных источников питания, позволяющих управлять

рабочим плазменным факелом. Источник питания подложек, имеющий ступенчато-плавную регулировку от -20 В до -1700 В и токе нагрузки до 15А по своим энергетическим и эксплуатационным параметрам вполне подходит для обеспечения питания магнетронного устройства, поэтому он подключен к мишени магнетронного устройства через резистор [8].

К сожалению, такое устройство не позволяет использовать подложки, которые нельзя нагревать в процессе нанесения покрытий, что характерно для получения наноразмерных покрытий вследствие их малой толщины и зависимости от технологических параметров процесса напыления.

Поэтому источник питания подложки подключен к магнетронному распылительному устройству через последовательное соединение двух резисторов, управляющих процессом [9].

Проведенные эксперименты по использованию такой конструкции показали ее пригодность. Были нанесены металлические нанопленки титана и никеля толщиной порядка 100 ангстрем на пленочную подложку из полиэтилентерефталата толщиной порядка 20 мкм с хорошей адгезией. Неравномерность по толщине менее одного процента. При этом пленка полиэтилентерефталата не претерпела никаких изменений. Ток в магнетронном устройстве составлял 350 мА.

Список литературы

1. А.И. Кузьмичёв Магнетронные распылительные системы, Книга 1, Введение в физику и технику магнетронного распыления, Киев "Аверс" 2008, 244 с.
2. Каштанов П.В., Смирнов Б.М., Хипплер Р. Магнетронная плазма и нанотехнология // Успехи физических наук.- 2007, Т. 177.- № 5.- С. 473-510
3. Марголин В.И., Жабрев В.А., Лукьянов Г.Н., Тупик В.А. Введение в нанотехнологию: Учебник, - СПб.: Издательство "Лань", 2012.- 464 с. гриф УМО
4. Кузнецов Н.Т., Новоторцев В.М., Жабрев В.А., Марголин В.И. Основы Нанотехнологии: Учебник, М.: Изд-во "Бином. Лаборатория знаний", 2014.- 397 с. гриф УМО
5. Марголин В.И., Жабрев В.А., Тупик В.А., Аммон Л.Ю. Методы синтеза наноразмерных структур. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2013. 287 с.
6. Грачев В.И., Жабрев В.А., Марголин В.И., Тупик В.А. Основы синтеза наноразмерных частиц и пленок.- Ижевск, Изд-во "Удмуртия", 2014. 200 с.
7. Серов И.Н., Жабрев В.А., Марголин В.И. Проблемы нанотехнологии в современном материаловедении // Физика и химия стекла. 2003, Т. 29, № 2. С. 242 – 256.
- 7 Zhabrev V.A., Margolin V.I. Some Questions in Fractal Nanotechnology // Inorganic Materials, 2008, Vol. 44, No 13, pp 65-82. © Pleiades Publishing, Ltd, 2008
8. Устройство для нанесения тонкопленочных покрытий. Ефремов С.В., Марголин В.И., Старобинец И.М., Тоисев В.Н., Тупик В.А. Патент РФ на полезную модель № 154033, по заявке № 2015112692/02, приоритет от 07 апреля 2015, опубл. 10.08.2015, бюл. № 22
9. Устройство для нанесения тонкопленочных покрытий, Марголин В.И., Марков Е.С., Старобинец И.М., Трефилов В.В., Тоисев В.Н., Тупик В.А. Патент РФ на полезную модель № 173348, по заявке № 2016140778, приоритет от 17.10. 2016, опубл. 23.08.2017, бюл. № 24,
10. Грачёв В.И., Марголин В.И., Тупик В.А. Новые аспекты в технологии производства элементов радиоэлектроники на основе тлеющего разряда // Технология производства и оборудование в приборостроении.- 2017.- № 2.- С. 63-66
11. Грачёв В.И., Марголин В.И., Тупик В.А. Основы технологии производства элементов радиоэлектроники на основе тлеющего разряда // Norwegian Journal of development of the International Science No 6/2017 .- С. 88-91
12. Грачёв В.И., Марголин В.И., Тупик В.А. Роль физических эффектов при переходе к наноразмерным структурам // Norwegian Journal of development of the International Science No 6/2017 .- С. 91-95.
13. Бестаев М.В., Жабрев В.А, Марголин В.И., Арутюнянц А.А. Физико-химические и химико-технологические основы субмикронной технологии: Учебное пособие; Сев.-Осет. гос. ун-т им. К.Л. Хетагурова. Владикавказ: Изд-во СОГУ, 2009.- 172 с. гриф УМО
14. Жабрев В.А., Лукьянов Г.Н., Марголин В.И., Рыбалко В.В., Тупик В.А. Введение в нанотехнологию. Учебное пособие - Московский государственный институт электроники и математики (технический университет), М., 2007.- 293 с.

15. V A Tupik, V I Margolin and M S Potekhin The influence of weak impacts on certain processes of nanotechnology // 24th International Conference on Vacuum Technique and Technology IOP Publishing; IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 872 (2017) 012031 doi :10.1088/1742-6596/872/1/012031
16. В.М. Шулаев, А.А. Андреев, В.П. Руденко Модернизация вакуумно-дуговых установок для синтеза покрытий и азотирования методом ионной имплантации и осаждения // ФИП PSE 2006, Т. 4.- № 3-4.- С. 136-142

СЕКЦИЯ №20.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 05.25.05)

АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ И ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ЭКСТРУДИРОВАНИЯ

Зубкова Т.М., Токарева М.А.

Оренбургский государственный университет

Конкуренция на рынке экструзионного оборудования заставляет его производителей ежегодно предлагать усовершенствованные и новые технологии, рассчитанные на широкий круг выпускаемой продукции. Поэтому производство должно обладать гибкостью, перенастраиваясь на различные конфигурации изделий, типы сырья и производительность в зависимости от текущих потребностей рынка [4]. Получение источников энергии из сырья растительного происхождения в настоящее время является актуальным. Возможности современного шнекового экструзионного оборудования позволяют перерабатывать сырье растительного происхождения, как без оттока, так и с оттоком жидкой фазы, например, при отжиме масла. Одношнековый экструдер нашел широкое применение в отраслях АПК.

Для одношнекового механизма, система уравнений неразрывности объемной производительности может быть представлена следующим образом [3]:

$$\begin{cases} Q_{ш} - Q_y = Q_k, \\ Q_k = Q_m = k_f Q_f, \end{cases} \quad (1)$$

где $Q_{ш}$ — объемная производительность шнековых каналов, образуемых лопастями шнека;

Q_y — объемная производительность прессуемого материала в зазорах между вершинами лопастей и цилиндрической поверхностью шнекового цилиндра;

Q_k — объемная производительность компрессионного затвора;

Q_m — объемная производительность в предматричном пространстве, образуемой корпусом шнека и насадкой;

Q_f — объемная производительность одной фильеры матрицы;

k_f — число фильер в матрице.

Назовем секцией прессующего механизма его участок, на котором могут быть приняты постоянными геометрические и реологические параметры процесса прессования. Секция может заканчиваться матрицей или компрессионным затвором. Давление σ_i прессуемого материала в канале шнека в конце секции, расположенном в направлении матрицы, имеет нечетный индекс, а в начале секции, в направлении загрузочного отверстия, имеет четный индекс.

$$\begin{aligned}
v_c + \frac{(\sigma_{2i-1} - \sigma_{2i})^{m_i}}{(\mu'_i L_i)^{m_i} (m_i + 1)} \left[(h_{si} - y_{0i})^{m_i+1} - (h_p - y_{0i})^{m_i+1} \right] - \\
- \frac{(\sigma_{2i-1} - \sigma_{2i})^{m_p}}{(\mu'_p L_i)^{m_p} (m_p + 1)} \left[(-y_{0i})^{m_p+1} - (h_p - y_{0i})^{m_p+1} \right] = 0;
\end{aligned} \tag{10}$$

где h_p – толщина слоя проскальзывания экструдруемого материала по нижней пластине; μ'_p, m_p – реологические параметры слоя проскальзывания.

Решение системы (3) с применением численных методов позволяет проводить математическое моделирование процесса экструдирования.

Учитывая, что искомым вектор $\sigma_m, \sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_{2l}$ присутствует в уравнении (10), требующем своего решения, предлагается для решения системы уравнений (3) следующий алгоритм, в основе которого лежит численный метод решения нелинейных уравнений – метод дихотомии. Для упрощения описания алгоритма примем $l=3$, система (3) примет вид:

$$\begin{cases}
E_1(\sigma_1 - \sigma_m)^{m_0} = Hk_\phi \sigma_m^{m_0} \\
A_1(\sigma_1 - \sigma_2)^{m_1} + B_1 = E_1(\sigma_1 - \sigma_m)^{m_0} \\
A_2(\sigma_3 - \sigma_4)^{m_2} + B_2 = A_1(\sigma_1 - \sigma_2)^{m_1} + B_1 \\
A_3(\sigma_5 - \sigma_6)^{m_3} + B_3 = A_2(\sigma_3 - \sigma_4)^{m_2} + B_2 \\
\sigma_2 = \sigma_3 \\
\sigma_4 = \sigma_5 \\
\sigma_6 = 0
\end{cases} \tag{11}$$

Перепишем систему (11) в следующем виде, учитывая (1), получим:

$$Hk_\phi \sigma_m^{m_0} = Q_m$$

(12.1)

$$E_1(\sigma_1 - \sigma_m)^{m_0} = Q_k \tag{12.2}$$

$$A_1(\sigma_1 - \sigma_3)^{m_1} + B_1 = Q_{uu} \tag{12.3}$$

$$A_2(\sigma_3 - \sigma_5)^{m_2} + B_2 = Q_{uu} \tag{12.4}$$

$$A_3 \sigma_5^{m_3} + B_3 = Q_{uu} \tag{12.5}$$

Предположим, что корень системы $\sigma_5 \in (a, b)$, тогда

1. $\sigma_5 = (a+b)/2$;
2. Подставив σ_5 в уравнение 12.5, находим Q_{uu} .
3. Зная Q_{uu} из 12.4, определим σ_3 .
4. Зная σ_3 и Q_{uu} из 12.3, определим σ_1 .
5. Так как $Q_{uu} = Q_k$, то подставив σ_1 в 12.2, находим σ_m .
6. Зная σ_m , из уравнения 12.1 находим Q_m .
7. Вычисляем разницу Q_{uu} и Q_m и обозначаем $f(\sigma_5) = Q_{uu} - Q_m$;
8. Повторяем пп. 2 по 6 при условии $\sigma_5 = a$;
9. Вычисляем разницу Q_{uu} и Q_m и обозначаем $f(a) = Q_{uu} - Q_m$;
10. Повторяем пп. 2 по 6 при условии $\sigma_5 = b$;
11. Вычисляем разницу Q_{uu} и Q_m и обозначаем $f(b) = Q_{uu} - Q_m$;
12. Если $f(a)f(\sigma_5) > 0$, тогда $a = \sigma_5$

13. Если $f(b)f(\sigma_5) > 0$, тогда $b = \sigma_5$

14. Если $|a - b| < 2\varepsilon$, где ε - точность вычислений, тогда σ_5 и есть решение, иначе возврат к

п.1

15. Конец алгоритма.

Прежде, чем реализовать алгоритм, необходимо определить отрезок (a, b) . Анализируя уравнение (10), было установлено, что при $y_0 < 0$ уравнение имеет один действительный корень, если $\sigma \in (0, \sigma^{y_0=0})$. То есть конец отрезка приходится на такое значение напряжения, при котором корнем уравнения (10) будет $y_0 = 0$.

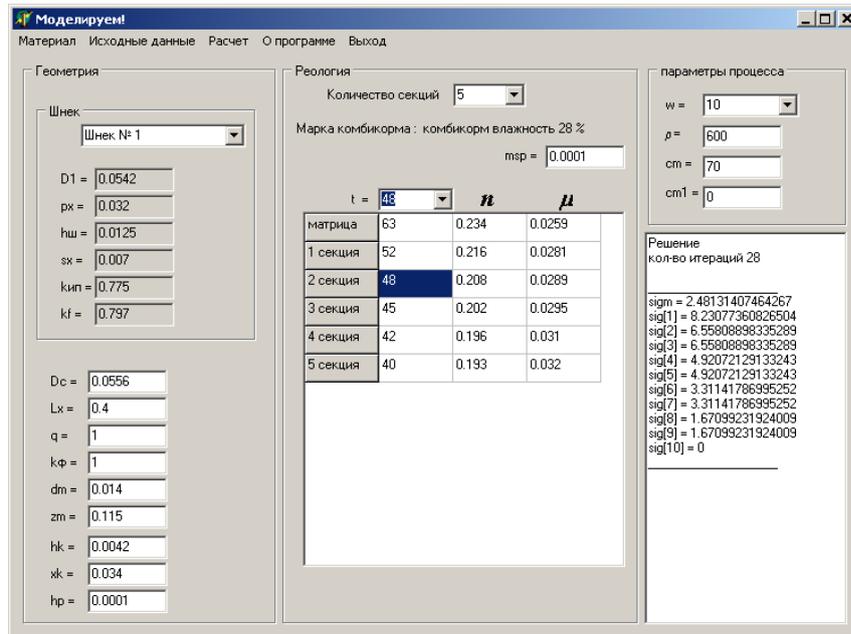


Рисунок 1 - Главное окно программы

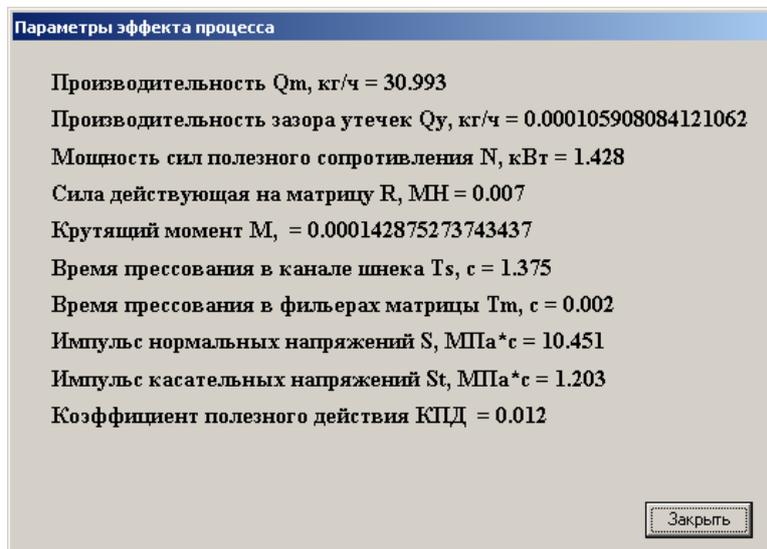


Рисунок 2 - Результаты расчета параметров эффекта процесса экструдирования

Программа позволяет проводить математическое моделирование процесса экструдирования с учетом изменения геометрических параметров шнека – шага, глубины и ширины канала шнека, осевой протяженности и радиального зазора компрессионных затворов, а также реологических параметров экструдированного материала, происходящих при его нагреве во время движения по шнеку. Позволяет уточнить напряженное состояние прессуемого материала, которое является внутренней характеристикой

системы данного технологического объекта, что дает возможность определить комплекс параметров эффекта процесса экструдирования (рис.2) и повысить достоверность его векторной оптимизации.

Список литературы

1. Бостанджиян С.А., Столин А.М. Течение неньютоновской жидкости между двумя параллельными плоскостями. Известия АН СССР, Механика, 1965, № 1. - С. 185-188.
2. Зубкова Т.М., Абдрафиков Р.Н., Мусиенко Д.А. Определение скорости проскальзывания экструдированного материала по дну шнекового канала. /Вестник ОГУ № 5 2002 г. - С. 195-197.
3. Карташов Л.П., Полищук В.Ю., Зубкова Т.М. Моделирование процесса экструдирования в одношнековых прессующих механизмах. /Техника в сельском хозяйстве №6, 1998г.
4. Зубкова Т.М., Токарева М.А. Моделирование геометрических параметров шнека при экструдировании масличного сырья/ Передовые пищевые технологии: состояние, тренды, точки роста [Электронный ресурс] : Сборник научных трудов I международной научно-практической конференции / Отв. редактор Бабаин Ю. В. Часть 2. М.: ФГБОУ ВО "МГУПП", 2018.- 216 с. - С. 76-83

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ

Улимова Н.В.

РУТ (МИИТ), РФ, г. Москва

На сегодня актуальной задачей является применение средств контроля и тестирования изменений, внесенных при разработке программного обеспечения автоматизированных систем управления.

В 2019 году ОС Linux на базе ядра Linux является одной из самых популярной ОС, так как обеспечивает максимальную полезность и эффективность использования вычислительного комплекса (ВК) и его ресурсов, защищает ВК от сбоев, отказов и хакерских атак. ОС Linux используется во многих крупных организациях, таких как Google, Amazon, IBM, на ее основе разрабатываются ядерные и космические проекты.

Ядро ОС, на которой базируется проект, находится в процессе постоянной доработки для поддержки различных приложений и имеет значительные требования к обеспечению стабильности и безотказности работы. Любое изменение может привести к ошибке, вызывающей падение или неправильную работу ядра. На каждое внесенное изменение требуется запуск группы тестов. Процесс занимает много времени, поэтому требуется его автоматизация.

Решением данной проблемы может стать разработка системы непрерывной интеграции (СНИ). Система непрерывной интеграции будет автоматически собирать ядро ОС, загружать его на вычислительные комплексы и тестировать на них для проверки функциональности ядра после внесенных изменений в исходный текст.

Ее основа: система контроля версий, сеть вычислительных комплексов, а так же инструментальная машина.

В данной статье система непрерывной интеграции рассматривается на примере разработки ОС на основе ядра Linux. Такой выбор объясняется несколькими причинами: аппаратно-независимая часть ядра ОС Linux делает ее переносимой на различные процессоры и платформы; аппаратно-зависимая часть ядра позволяет эффективно использовать аппаратные возможности.

Благодаря распространению ОС Linux на условиях свободного программного обеспечения она используется в огромном количестве проектов, поддержку которых осуществляют тысячи компаний и независимых разработчиков, что говорит о высоких темпах развития ОС Linux.

Такой подход разработки способствовал появлению огромного количества версий ОС Linux для различных процессоров и платформ.

Важные особенности ядра ОС Linux (переносимость и эффективность), указывают на то, что ядро является самой важной частью ОС, и его разработке нужно уделить особое внимание.

Для изменений, вносимых в исходные тексты ядра ОС, необходимо удаленное хранилище, к которому имеет доступ группа разработчиков.

Система контроля версий (СКВ) — децентрализованная система, регистрирующая изменения в одном или нескольких файлах, позволяющая возвращаться к любой из версий с возможностью просмотра информации о файле.

СКВ даёт возможность нескольким разработчикам работать над одним проектом, возвращать к прежнему виду отдельные файлы или весь проект, просматривать происходящие со временем изменения, определять автора последнего изменения исходных текстов.

Наиболее популярной и удобной СКВ является система Git. Это распределённая система контроля версиями, при этом можно условно выделить центральный репозиторий: пользователи периодически синхронизируют свои локальные репозитории с центральным и работают непосредственно со своей локальной копией.

Git позволяет разработчикам иметь множество совершенно независимых веток кода, операции атомарны, т.е. любое действие может быть полностью удачным или провалиться (без каких-либо изменений). Это действительно важно, так как некоторые повисшие операции по всему хранилищу могут оставить его в нестабильном состоянии, а модель данных помогает обеспечить криптографическую целостность всего, что присутствует в репозитории.

Разрабатываемая СНИ использует Git для автоматизации выкачки исходного текста ядра, который нужно скомпилировать и проверить набором тестов.

После выкачки исходных текстов ядра ОС необходимо их скомпилировать. Существует два режима сборки ядра и модулей ОС: native-режим для сборки целевой архитектуры на инструментальной машине и cross-режим для сборки компонентов ОС на другой архитектуре. В данной статье выбран cross-режим, так как подразумевается сборка ядра для нескольких различных архитектур, на которых в дальнейшем будет запущено ядро ОС.

Далее для системы непрерывной интеграции необходимо настроить сеть, к которой подключена инструментальная машина для сборки ядра и машины, на которых будет производиться установка собранного ядра, что требует использования сетевого протокола, обеспечивающего надежную передачу данных. Для этого был выбран протокол ATA over Ethernet.

ATA over Ethernet (AoE) — это сетевой низкоуровневый протокол, зарегистрированный IEEE как Ethernet-протокол номер 0x88a2.

AoE полагается не на TCP/IP, а на возможности современных коммутаторов, у которых не бывает коллизий, есть возможность управления потоком и постоянно растёт производительность. В локальной сети сохраняется последовательность пакетов, а также для каждого пакета сетевым оборудованием вычисляется контрольная сумма.

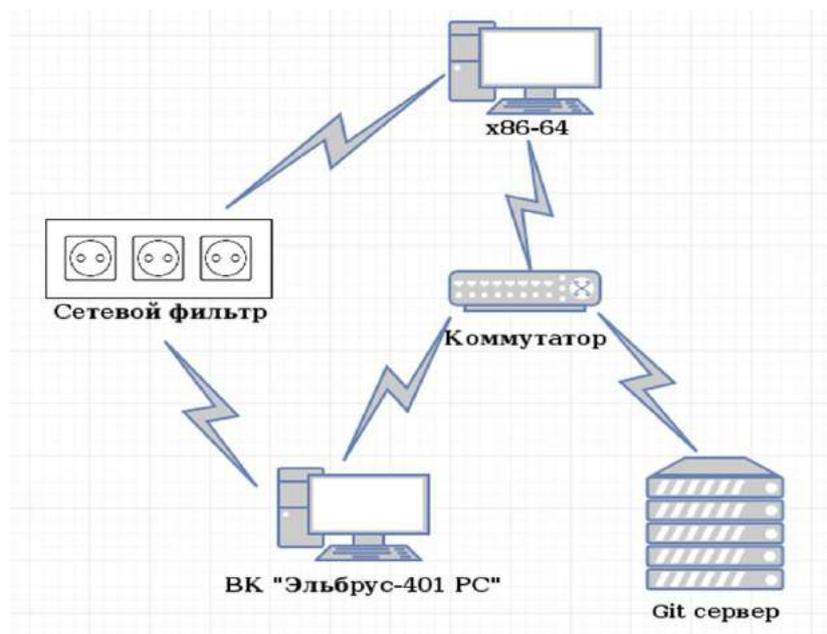
В каждом пакете протокола AoE находится команда для ATA-диска или ответ от ATA-диска. Драйвер AoE в ядре Linux выполняется AoE и делает диск доступным как обычное блочное устройство. Драйвер может ретранслировать пакеты, так что AoE-устройство выглядит для остального ядра как обычный диск.

Для разработки СНИ, следует понять, что такое непрерывная интеграция и принципы ее работы.

Непрерывная интеграция — разработка программного обеспечения, которая заключается в постоянном слиянии рабочих копий в общую основную ветвь разработки и выполнении частых автоматизированных сборок проекта для скорейшего выявления потенциальных дефектов и решения интеграционных проблем. Переход к непрерывной интеграции позволяет снизить трудоёмкость интеграции и сделать её более предсказуемой за счёт наиболее раннего обнаружения и устранения ошибок и противоречий, но основным преимуществом является сокращение стоимости исправления дефекта, за счёт раннего его выявления.

Для автоматизации процесса выкачки исходных текстов ядра из сервера Git, их сборки на инструментальной машине, передаче по сети на ВК и запуске ядра на нем нужно написать программу-сценарий.

Ниже представлена схема, которая является примером системы непрерывной интеграции, где x86-64 - инструментальная машина для сборки исходных текстов ядра ОС, ВК «Эльбрус-401 РС» - комплекс, на котором будет запущено собранное ядро ОС.



Программа-сценарий расположена на инструментальной машине x86-64. Машина соединена с сетевым фильтром, ВК «Эльбрус-401 PC» и Git сервером, где подключение к ВК «Эльбрус-401 PC» и Git серверу выполняется через коммутатор. ВК «Эльбрус-401 PC» подключается к сетевому фильтру.

Передача данных между ВК «Эльбрус-401 PC» и инструментальной машиной x86-64 выполняется с помощью сетевого протокола ATA over Ethernet, который обеспечивает надежную передачу данных без коллизий.

Сетевой фильтр, используемый в работе, имеет возможность наблюдать за подключенными потребителями и включать/отключать их питание, вести детальную статистику, отслеживать события включения, что требуется в программе-сценарии для передачи данных с инструментальной машины на ВК «Эльбрус-401 PC».

На сервере Git хранятся различные данные, выложенные разработчиками, в том числе различные версии ядер и модулей ОС, на которых после сборки запускают тесты для поиска ошибок.

СНИ сократила время ручной сборки ядра ОС, что незначительно для одного ВК, но имеет смысл в масштабе парка машин. Также автоматизация процесса сборки исключает человеческий фактор, то есть не допускает ошибок при ручном вводе и настройках.

Список литературы

1. Даймонд Д., Торвальдс Л. Автобиография «Just for Fun: Рассказ нечаянного революционера» // издательство «Эксмо-Пресс», Москва 2002 г. Перевод с английского: Наталья Шахова.
2. Бовет Д. Книга «Ядро Linux», 3-е издание // издательство «БХВ-Петербург», Санкт-Петербург 2007 г. Перевод с английского: Бовет Д., М. Чезати.
3. Кофлер М. Книга «Linux. Установка, настройка, администрирование» // издательство «Питер», Санкт-Петербург 2014 г. Перевод с немецкого: О. Сивченко.

СЕКЦИЯ №21.

МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 09.00.08)

ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2019 ГОД

Январь 2019 г.

VI Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Актуальные вопросы технических наук в современных условиях»**, г. Санкт-Петербург

Прием статей для публикации: до 1 января 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 февраля 2019 г.

Февраль 2019 г.

VI Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом»**, г. Новосибирск

Прием статей для публикации: до 1 февраля 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 марта 2019 г.

Март 2019 г.

VI Межвузовская ежегодная научно-практическая конференция с международным участием **«Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения»**, г. Екатеринбург

Прием статей для публикации: до 1 марта 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 апреля 2019 г.

Апрель 2019 г.

VI Международная межвузовская научно-практическая конференция **«Актуальные вопросы науки и техники»**, г. Самара

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 мая 2019 г.

Май 2019 г.

VI Международная научно-практическая конференция **«Проблемы и достижения в науке и технике»**, г. Омск

Прием статей для публикации: до 1 мая 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июня 2019 г.

Июнь 2019 г.

VI Международная научно-практическая конференция **«Вопросы технических наук: новые подходы в решении актуальных проблем»**, г. Казань

Прием статей для публикации: до 1 июня 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июля 2019 г.

Июль 2019 г.

VI Международная научно-практическая конференция **«Перспективы развития технических наук»**, г. Челябинск

Прием статей для публикации: до 1 июля 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 августа 2019 г.

Август 2019 г.

VI Международная научно-практическая конференция «Технические науки в мире: от теории к практике», г. Ростов-на-Дону

Прием статей для публикации: до 1 августа 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 сентября 2019 г.

Сентябрь 2019 г.

VI Международная научно-практическая конференция «Современный взгляд на проблемы технических наук», г. Уфа

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 октября 2019 г.

Октябрь 2019 г.

VI Международная научно-практическая конференция «Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития», г. Волгоград

Прием статей для публикации: до 1 октября 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 ноября 2019 г.

Ноябрь 2019 г.

VI Международная научно-практическая конференция «Новые технологии и проблемы технических наук», г. Красноярск

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 декабря 2019 г.

Декабрь 2019 г.

VI Международная научно-практическая конференция «Развитие технических наук в современном мире», г. Воронеж

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2019 г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 января 2020 г.

С более подробной информацией о международных научно-практических конференциях можно ознакомиться на официальном сайте Инновационного центра развития образования и науки www.izron.ru (раздел «Технические науки»).

ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



Технические науки в мире: от теории к практике

Выпуск VI

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(11 августа 2019 г.)**

г. Ростов-на Дону

2019 г.

Печатается в авторской редакции
Компьютерная верстка авторская

Издатель Инновационный центр развития образования и науки
(ИЦРОН), г. Нижний Новгород

Подписано в печать 10.08.2019.
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 3,3.
Тираж 250 экз. Заказ № 083.

Отпечатано по заказу ИЦРОН в ООО «Ареал»
603000, г. Нижний Новгород, ул. Студеная, д. 58.