



# ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ НАУКА

НАУЧНАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

## Высокие технологии и инновации: фундаментальные и прикладные исследования

**Сборник научных трудов  
по материалам I международной  
научно-практической конференции  
30 сентября 2016 г.**



Нижний Новгород

**НАУЧНАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ НАУКА**

**ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ:  
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ**

**Сборник научных трудов  
по материалам I международной  
научно-практической конференции**

**30 сентября 2016 г.**

[www.scipro.ru](http://www.scipro.ru)  
Нижний Новгород 2016

УДК 62.001.5(063)  
ББК У9(2)0-551Л0

В 932

*Редактор:*  
*Н.А. Краснова*

Высокие технологии и инновации: фундаментальные и прикладные исследования: сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции «Высокие технологии и инновации: фундаментальные и прикладные исследования» / под ред. Н.А. Красновой; НОО «Профессиональная наука». – Нижний Новгород: Изд-во ИП Краснова Н.А., 2016. 125 с.

ISBN 978-5-00-006305-8

В сборнике научных трудов расстраиваются актуальные фундаментальные и прикладные научные исследования в области биологии, математики, информационных технологий, естественных наук по материалам научно-практической конференции «Высокие технологии и инновации: фундаментальные и прикладные исследования» (30 сентября 2016 г.).

Сборник предназначен для научных и педагогических работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов с целью использования в научной работе и учебной деятельности.

Все включенные в сборник статьи прошли научное рецензирование и опубликованы в том виде, в котором они были представлены авторами. За содержание статей ответственность несут авторы.

Информация об опубликованных статьях предоставлена в систему Российского индекса научного цитирования – **РИНЦ** по договору No 2819-10/2015К от 14.10.2015 г.

Электронная версия сборника находится в свободном доступе на сайте [www.scipro.ru](http://www.scipro.ru).

УДК 62.001.5(063)  
ББК У9(2)0-551Л0

ISBN 978-5-00-006305-8

- @ Редакторы Н.А. Краснова,  
Т.Н. Плесканюк, 2016
- @ Коллектив авторов, 2016
- @ Индивидуальный предприниматель  
Краснова Н.А., 2016

## Содержание

<b>СЕКЦИЯ 1. ИННОВАЦИИ И РАЗРАБОТКИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....</b>	<b>5</b>
Муравьева Е.С., Харченко Е.М., Егорова Т.Г. Переработка прокатной окалины в конструкционную сталь путем легирования марганец- и хромсодержащими оксидными материалами.....	5
Петрова А. В. Плакаты по охране труда необходимы на каждом, уважающем себя, производстве, потому что они ориентируют рабочих на безопасный труд и предотвращают возможные несчастные случаи .....	11
Пикалова И.А., Торговец А.К., Юсупова Ю.С. Об условиях устойчивости слоя жидкости под воздействием нестационарного потока.....	15
<b>СЕКЦИЯ 2. ИННОВАЦИИ И РАЗРАБОТКИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ СФЕРЕ.....</b>	<b>24</b>
Кабанова Е.Г. Отделка наружных стеновых панелей с применением мраморной крошки, на основе местного сырья Республики Хакасия .....	24
Коваленко А.В. Анализ причин заложения сверхнадежности при проектировании строительных конструкций .....	30
Петрова Г. В. Пролетные строения мостов малых пролетов из труб.....	37
Поваренко А. Ю. Повышение сейсмостойчивости кирпичного здания на примере гостиницы в городе Абакане .....	51
<b>СЕКЦИЯ 3. ИННОВАЦИИ И РАЗРАБОТКИ В МАШИНО- И ПРИБОРОСТРОЕНИИ</b>	<b>59</b>
Мухаммадиев С.В. Проектирование мостового крана в программном комплексе APM Structure3D .....	59
Сосновская А.В. Мобильный комплекс наземных электрических испытаний малых космических аппаратов.....	66
Токарева О.А. Исследование зависимости площади срезаемых слоев от главного угла в плане у фрез .....	70
<b>СЕКЦИЯ 4. ИННОВАЦИИ И РАЗРАБОТКИ В ХИМИИ, ФАРМАЦЕВТИКЕ, МЕДИЦИНЕ .....</b>	<b>79</b>
Бирюкова И.В. Перспективы использования биотехнологии в практической медицине ....	79
<b>СЕКЦИЯ 5. ИННОВАЦИИ И РАЗРАБОТКИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....</b>	<b>84</b>
Кислицын А.А. Характеристика ингредиентного состава БАД «Фитосорбовит».....	84
<b>СЕКЦИЯ 6. ИННОВАЦИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ.....</b>	<b>89</b>
Гордеева Д.С., Мезенов А.С. Реализация политики информационной безопасности в образовательных организациях: исторический аспект.....	89
Пиманкина Е.С. Управление с итеративным обучением манипулятором с гибким соединением .....	97
Хритинина Л.В. Управление с итеративным обучением однозвенным гибким манипулятором .....	109

# СЕКЦИЯ 1. ИННОВАЦИИ И РАЗРАБОТКИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 669.18

## Муравьева Е.С., Харченко Е.М., Егорова Т.Г. Переработка прокатной окалины в конструкционную сталь путем легирования марганец- и хромсодержащими оксидными материалами

Through revision of the mill cinder into structural steel by alloying of the  
chromium and manganous oxidation materials

Муравьева Е.С., Харченко Е.М., Егорова Т.Г.  
Карагандинский Государственный  
Индустриальный Университет, г. Темиртау  
Muravyeva Y.S., Harchenko E.M., Yegorova T.G.  
Karaganda State Industrial University, Temirtau

**Аннотация:** В статье рассматривается возможность получения качественной легированной стали из смеси прокатной окалины, марганцевого и хромового концентратов с использованием твердого восстановителя – кокса. Приведены результаты исследования влияния основности шлака на степень извлечения марганца и хрома. Предложенный способ позволяет получить конструкционную сталь с использованием в качестве легирующих добавок рудных материалов, содержащих хром и марганец.

**Ключевые слова:** природнолегированная сталь, прокатная окалина, хром, марганец, основность шлака.

**Abstract:** There is discussed the possibility of using the quality alloyed steel from the mixture of mill cinder and concentrated chromium and manganese using coke as a hard reducing agent. There are showed the results of slag basicity influence upon the level of manganese and chromium extraction. This proposed method allows to get the structural steel using ore materials as manganese and chromium as addition elements.

**Keywords:** natural alloy steel, mill cinder, chromium, manganese, slag basicity.

### Введение

В современных условиях развития потенциал многих стран зависит от запасов минералогических ресурсов. Вместе с тем в настоящий момент остро стоит проблема рационального использования добываемого сырья, переход на малотоннажное, безотходное производство и вторичное использование техногенных образований. При наблюдающемся росте добычи полезных ископаемых, по оценке специалистов, только 10 % извлекаемого из недр сырья превращается в готовую продукцию, а 90% становятся отходами основного

производства.

Можно выделить следующие виды отходов, образующиеся в черной металлургии (таблица 1).

Таблица 1

Классификация отходов металлургического производства

№	Стадии производственного процесса	Вид образующихся отходов
1	Добыча и обогащение сырьевых материалов	Пыль, порода углеобогащения, отходы флотации, хвосты
2	Транспортировка сырья	Пыль
3	Аглодомное производство	Шлак, шлам, скрап, пыль
4	Сталеплавильное производство	Шлак, шлам, пыль, отсеив извести
5	Прокатное производство	Обрезь, окалина, сварочный шлак
6	Вспомогательное производство	Пыль, лом огнеупоров, использованный песок

Почти все побочные продукты металлургического производства являются ценным сырьем и пригодны для повторного использования. Их переработка повышает рентабельность и конкурентоспособность предприятия, позволяет сохранить окружающую природу, экономит энергетические ресурсы. Разумное использование природных запасов и сведение объема отходов к минимуму являются важным аспектом устойчивого развития.

Загрязнение окружающей среды Казахстана достигло критической точки. Отходы предприятий металлургического комплекса в большинстве случаев складироваются и не только не утилизируются, но и не используются, где это промышленно применимо. С каждым годом занимают все большие земельные площади под складирование отходов, причем мелкодисперсные отходы разносятся ветром на большие расстояния.

Анализ данных по утилизации отходов АО «АрселорМитталТемиртау» показывает, что на каждую тонну готового проката образуется почти 2 тонны отходов. В отвалах и хвостохранилищах накоплено более 130 млн. тонн шлаков, отходов обогащения углей, золы, шламов и других продуктов металлургической переработки минерального сырья и топлива. Ежегодно в нынешних условиях утилизации к ним добавляется почти 5 млн. тонн (более 1 тонны на тонну

готового проката).

Самым ценным отходом металлургического производства является прокатная окалина. Объем образования окалина не велик, около 3 % от общего количества твердых отходов. Высокое содержание железа, достигающее 75 %, и минимальное содержание вредных примесей и шлакообразующих дает возможность для использования ее как оборотного продукта в агломерационном производстве. Однако, использование прокатной окалина в качестве компонента агломерационной шихты нельзя считать рациональным, так как около 30% получаемого агломерата идет в возврат.

В ходе исследований была поставлена задача получения качественной конструкционной природнолегированной хромом и марганцем стали. Конструкционными называют стали, применяемые для изготовления деталей механизмов и машин, а также различных строительных сооружений. В соответствии с областью применения главной характеристикой конструкционных сталей являются определенные механические свойства при статической и динамической нагрузке. Это в первую очередь и определяет состав сталей, технологию их производства и обработки.

Применяемые в строительстве низколегированные стали содержат обычно не более 2% легирующих элементов и 0,2-0,25% С. Низкое содержание углерода в строительных сталях, применяемых в сборных конструкциях, обусловлено тем, что они должны обладать хорошей свариваемостью.

Легированные стали получают преимущественно в электросталеплавильных печах. Для легированных сталей многих марок единственным способом выплавки остаются методы электроплавки, позволяющие создать условия, благоприятные для получения металла высокой степени рафинирования. Легированные стали многих марок можно производить в мартеновских печах.

Успехи в расширении сортамента легированных и специальных сталей, выплавляемых в кислородных конверторах, обусловлены разработкой и

быстрым распространением различных внепечных методов рафинирования стали (вакуумирования, обработки инертными газами, порошками и шлаками в сталеразливочном ковше), применением для раскисления и легирования нагретых, жидких и экзотермических ферросплавов, применением эффективных способов глубокой десульфурации жидкого чугуна, повышением качества сырья (извести, флюсов, охладителей) и чистоты кислорода, прогрессом в контроле и автоматизации кислородно-конверторного процесса.

Обычно марганец и хром вводятся в сталь ферросплавами. Степень извлечения металлов при выплавке ферросплавов составляет 40-90%. Общие потери, например, марганца в процессе обогащения и выплавки марганцевых сплавов достигают 57-67%; кратность шлака- 3,2-3,3. Кроме того, значительное количество легирующих теряется в процессе выплавки стали.

Одним из перспективных путей снижения потерь легирующих элементов является внедрение в производство углеродистой и конструкционной стали технологии с легированием марганцем и хромом путем использования рудных и легкоплавких материалов («прямое» легирование). При хорошей организации прямого или природного легирования стали полезное использование легирующих элементов значительно повышается (например, марганца в 2-3 раза) □1□.

Оксидные материалы необходимо использовать в виде легкоплавких оксидных смесей с температурой ликвидус ниже температуры жидкой стали, которые не требуют высоких энергозатрат на плавление, обеспечивают высокую степень извлечения легирующего металла и образование шлака, обладающего рафинирующими свойствами □2□.

В ходе исследований была поставлена задача получения качественной природнолегированной хромом и марганцем стали из прокатной окалины с использованием твердого восстановителя – углерода. В качестве хромосодержащего материала использовали хромовый концентрат с содержанием  $Cr_2O_3=47,9\%$ , марганецсодержащего материала – марганцевый



концентрат с содержанием  $MnO_2=39,50\%$ .

Процесс получения металлопродукта включал следующие этапы:

1. Из смеси прокатной окалины, марганцевого концентрата, хромового концентрата, кокса и известняка изготавливали окатыши фракции 5-8 мм.

2. Сырые окатыши подвергали обжигу в трубчатой печи при температуре 1100 °С, после чего охлаждали в нейтральной атмосфере.

3. Обожженные углеродсодержащие окатыши помещали в огнеупорный стакан и плавил в печи Таммана при температуре 1650 °С под защитной атмосферой аргона.

Методика расчета количества углерода, необходимого на восстановление оксидов металлов, основана на определении количества газифицируемого кислорода шихты и стехиометрического количества углерода-восстановителя с учетом протекания твердофазных реакций как с образованием  $CO_2$ , так и  $CO$ .

Расчет показал, что на восстановление всех оксидов шихты при температуре 1100 °С, необходимо 0,1388 кг углерода на 1 кг шихты. Это количество углерода подается в виде коксовой мелочи, в которой содержание углерода 85% и железа в виде оксидов 2,9%. На восстановление собственного железа расходуется часть углерода. За счет этого эффективная концентрация углерода в коксовой мелочи уменьшится до уровня  $C_{эф} = 84,65\%$ . Таким образом, расход коксовой мелочи-реагента составил 0,1639 кг/кг шихты.

В ходе проведения экспериментов при компоновке шихты варьировали содержание известняка с учетом наведения шлака основностью 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2.

Подготовленный материал, состоящий из прокатной окалины, марганцевого и хромового концентратов, кокса и известняка тщательно смешивали в заданных соотношениях. Из полученной шихты изготавливали окатыши.

Процесс обжига окатышей осуществляли в печи в печи СУОЛ – 045. В

ходе эксперимента фиксировали на газовом счетчике типа ГСБ-400 объем выделившегося газа в единицу времени и определяли содержание CO и CO<sub>2</sub> в отходящем газе. Опыты продолжали до прекращения выделения газа. Охлаждение окатышей производили в атмосфере аргона, во избежание окисления продукта.

После обжига углеродсодержащие окатыши помещали в огнеупорный стакан и плавил в печи Таммана при температуре 1650 °С под защитной атмосферой аргона.

На основании экспериментальных данных было определено, что максимальная степень извлечения марганца и хрома достигается при основности шлака более 2 (рисунок 1).

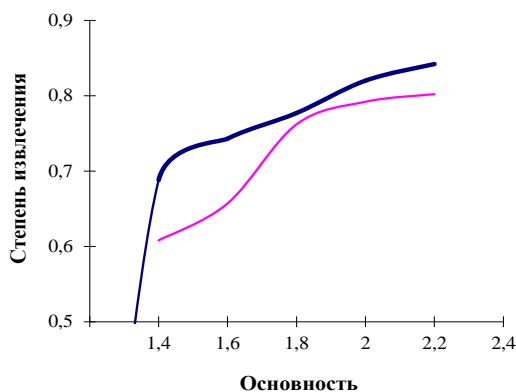


Рисунок 1. Зависимость степени извлечения металлов от основности шлака

Предложенный способ позволяет получить конструкционную сталь с использованием в качестве легирующих добавок рудных материалов, содержащих хром и марганец. В качестве исходного железосодержащего сырья может быть использована не только прокатная окалина, но и другие отходы металлургического производства и некондиционные материалы. Достоинством настоящего способа стоит подчеркнуть рациональное использование марганца и хрома.

## Библиографический список

1. Толстогузов Н.В., Нохрина О.И., Прошунин И.Е., Гуменный В.Ф. Подготовка материала для прямого легирования стали марганцем //Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 1997. - №10. – С. 25-27.
2. Бобкова О.С., Барсегян В.В., Каблуковский А.Ф. и др. //Эффективность применения оксидных материалов для десульфурации и прямого легирования хромом электростали. – Сталь. – 1994. - №1. – С. 20-22.
3. Глеугабулов С.М. Теоретические основы получения металлов, сплавов и перспективных материалов. - Алматы: издание РИК по учебной и методической литературе, 2001. - 332 с.

УДК 331.07

### **Петрова А. В. Плакаты по охране труда необходимы на каждом, уважающем себя, производстве, потому что они ориентируют рабочих на безопасный труд и предотвращают возможные несчастные случаи**

Posters OSH needed every self-respecting, production, because they orient the workers on safety and prevent possible accidents

**Петрова А.В.,**  
Томский архитектурно-строительный университет, г. Томск  
**Petrova A.V.**  
Tomsk Architectural University, Tomsk

**Аннотация:** Целью данной статьи является сохранение жизни и здоровья рабочего на предприятии благодаря правильному подходу руководства и эффективным плакатам по охране труда. В статье рассказывается про виды плакатов, в чём заключается их смысл, а так же, как за счет них удаётся избежать несчастных случаев.

**Ключевые слова:** плакат по охране труда, виды плакатов, рекомендации по оформлению, рекомендации по использованию плакатов на производстве.

**Abstract:** The purpose of this article is to preserve the life and health of workers at work through proper management approach and effective occupational safety posters. The article tells about the kinds of posters, what is their meaning, as well as due to them possible to avoid accidents.

**Keywords:** poster OSH kinds of posters, on registration of recommendations, advice on the use of posters in the workplace.

Как известно, рабочие на производстве получают травмы. И без травм не обойтись, пока существуют не полностью автоматизированные производства и квалификационные наладчики такого оборудования. Каждый год происходят несчастные случаи. Травмируются около 40 тысяч рабочих и более 2 тысяч погибают. Производственный травматизм - это проблема, которую нужно решать. Существуют правила по технике безопасности, которые надо знать всем работающим. Но, к сожалению, люди не всегда следуют правильным путём. Для этого нужно направлять, подталкивать и мотивировать работников соблюдать производственную безопасность. Так можно понизить производственный травматизм и создать безопасные условия труда. Нужно вызвать интерес работника к выполнению всех требований по охране труда и окружить его необходимой информацией. Чтобы человек анализировал, что нужно делать, а чего делать нельзя, и всегда был внимательным к себе, к своему здоровью, рабочему месту, техническому процессу и оборудованию.

Доносить до людей информацию можно разными способами, но самым эффективным считается плакат по охране труда. Простой плакат по охране труда воспитывает работника и распространяет идеи безопасного поведения на производстве. Плакат по охране труда является средством информации в отношении профилактики производственного травматизма и профессиональной заболеваемости. Плакаты могут быть учебные. Такие плакаты обучают работника охране труда. Предоставляют ему возможность ознакомиться с элементарными правилами по технике безопасности, а также повысить свой уровень знаний. Плакаты могут быть инструктивными, в которых рассказывается об отдельно взятых нормах и правилах по предотвращению несчастных случаев. Существуют агитационно-пропагандистские плакаты. Они привязывают внимание работников к безопасной работе. И есть информационные плакаты, которые содержат в себе различные нормативы и сведения по охране труда.

Плакат по охране труда показывает возможные опасности, тем самым

предупреждает пагубные последствия и усиливает мотивацию к безопасному труду. Это простой и дешевый способ мотивации. Короткий сюжет, изображенный на плакате, говорит о возможной опасности, и вызывает у человека чувство ответственности за своё здоровье. Плакат является эффективным средством по предупреждению несчастных случаев. Он имеет вид следующий рис. 1.

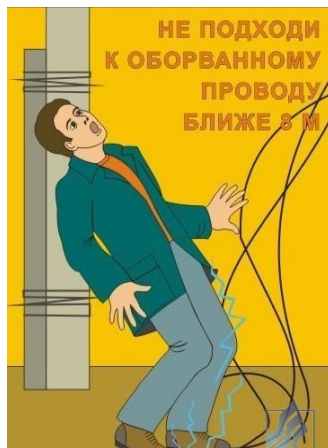


Рис. 1. Плакат по технике безопасности

Плакат можно изготовить на глянцевой бумаге с приемлемым блеском, чтобы не было бликов во время чтения. Их рекомендуют делать не больше формата А0. Плакаты малых размеров являются плохо читаемыми. На плакате располагают 1-2 правила по одной тематике. Плакат должен быть реалистичным и понятным. Фон желательно использовать светлый. Текст должен быть крупным, понятным, разборчивым и расположен горизонтально. Количество текста должно быть меньше, и занимать небольшой объем от основного сюжета плаката. Не нужно рисовать абстракций. Четкие контуры рисуемых объектов вносят большую ясность, лучше понимаются разумом и легче усваиваются глазом. Нарисованные люди на плакате должны быть со всеми конечностями. Также огромный успех плаката зависит от его расположения. Он должен быть не только в кабинетах охраны труда и на информационных стендах, но и на опасных участках производства.

Можно дать следующие рекомендации по использованию плакатов по технике безопасности. В каждом цеху, в опасных зонах, около рабочего

оборудования необходимы присутствие таких плакатов. Плакаты должны быть на рабочем месте и у участка непосредственных работ. Плакаты должны содержать меры предосторожности по пожарной безопасности и медицинской помощи. Учить новых, не знакомых с производством, рабочих навыкам по безопасной работе. Плакатов должно быть необходимое количество. Они должны находиться в поле зрения работников. Плакаты, призывающие к хорошему качественному труду, направлены на улучшение мотивации к плодотворному труду. Такие плакаты должны висеть в зоне отдыха и кабинете руководителя. Плакаты обязательно должны совпадать с профессиональной деятельностью работника.

Подведём итоги. Плакат по охране труда должен мотивировать работника к безопасному труду. По сути своей плакат является рекламой безопасного поведения сотрудников на производстве и пропагандой профилактики несчастных случаев. Производство нуждается в плакатах по охране труда. Это является важной частью снижения производственного травматизма и обеспечения безопасности на предприятии.

#### Библиографический список

1. Министерство труда и социальной защиты// Доклад от 3 ноября 2015 г. - «О реализации государственной политики в области условий и охраны труда в Российской Федерации в 2014 году». – 2016. [электронный ресурс] - Режим доступа.-URL: <http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/salary> (дата обращения: 30.09.16)

2. Энциклопедиум// Российская энциклопедия по охране труда: в 3 т. – 2016. [электронный ресурс] - Режим доступа.-URL: [http://enc.biblioclub.ru/Encyclopedia/58076\\_rossijskaja\\_enciklopedija\\_po\\_ohrane\\_truda\\_v\\_3\\_t](http://enc.biblioclub.ru/Encyclopedia/58076_rossijskaja_enciklopedija_po_ohrane_truda_v_3_t) (дата обращения: 30.09.16)

3. Охрана труда// Плакаты по охране труда и технике безопасности. – 2016. [электронный ресурс] - Режим доступа.-URL: <http://ohrantryda.ru/plakaty-po-ot.html> (дата обращения: 30.09.16)

4. НАНKK// Методические рекомендации по применению плакатов по охране труда на предприятиях. – 2016. [электронный ресурс] - Режим доступа.- URL: <http://www.nankk.ru/history/history19.html> (дата обращения: 30.09.16)

УДК 62-977

**Пикалова И.А., Торговец А.К., Юсупова Ю.С. Об условиях устойчивости слоя жидкости под воздействием нестационарного потока**

About stability conditions liquid layer under the influence of unstationary flow

**Пикалова И.А., Торговец А.К., Юсупова Ю.С.,**  
Карагандинский государственный  
индустриальный университет, г. Темиртау  
**Torgovets A.K., Pikalova I.A., Yussupova Y.S.,**  
Tomsk Architectural University, Tomsk

**Аннотация:** Был предложен вариант анализа устойчивости жидкого слоя к нестационарному потоку, упрощающему вычисление псевдоожидаемых параметров систем.

**Ключевые слова:** непрерывная разливка стали, нестационарный поток, МНЛЗ.

**Abstract:** A variant of analysis of liquid layer stability to unstationary flow simplifying the calculation of pseudo expected systems parameters was suggested.

**Keywords:** continuous casting of steel, of unstationary flow, CCM.

Известно, что возможность сохранения числа частиц в условиях изменения возмущений в однородном вертикальном потоке суспензий приводит к возникновению концентрационных кинематических волн постоянной амплитуды. В нашем случае при наличии инерции частиц и нелинейной зависимости силы межфазного взаимодействия от концентрации обуславливают рост этой амплитуды и, соответственно, неустойчивость потока по отношению к малым возмущениям. В этой связи в работах [6,3] утверждается что в однородных псевдоожиженных системах вне зависимости от размеров частиц,

характеристики жидкой фазы и других факторов неизбежна неустойчивость. Указанное полностью относится к трехфазным системам.

Следует отметить, что в системах с крупными частицами неустойчивость стимулирует быстрое развитие разрывов концентрации, с чем связано, в частности, появление свободных газовых полостей при псевдооживлении [4,5].

В суспензиях мелких частиц в капельных жидкостях эта неустойчивость не возникает вообще, либо вызывает появление системы слабо линейных волн, постепенно изменяющих свою природу по мере роста над критичностью [3]. Ряд исследователей связывают стабилизацию возмущений с действием в потоке диспергированной фазы специфических нормальных напряжений, препятствующих ее объемному деформированию. Надо подчеркнуть, развитие теории в этом вопросе сдерживается отсутствием надежных данных о зависимости напряжений или соответствующих объемных модулей упругости диспергированной фазы от концентрации суспензии и физических параметров фаз. Попытки ввести указанные величины на феноменологической основе или с помощью простых механических моделей имеют чисто познавательный характер и не решают проблемы. До настоящего времени имеются значительные неопределенности относительно как самого факта существования устойчивых состояний дисперсных систем, так и характера масштабных факторов, определяющих длину волны максимального роста при неустойчивости.

В этой связи, значительный интерес представляет работа [2], в которой изложены основы теории свойств мелкодисперсных суспензий со случайно пульсирующими частицами. Показано, что реологические свойства и особенности течения подобных дисперсных систем формируются под влиянием случайных пульсаций сталкивающихся между собой частиц подобно тому как это происходит в молекулярных газах.

Вертикальный поток системы частиц управляется обычными



уравнениями сохранения:

массы;

$$\frac{d\langle\varphi\rangle}{dt} + \frac{d}{d\vec{r}}(\langle\varphi\vec{W}\rangle) = 0, \quad (1)$$

импульса;

$$\langle\varphi\rangle\rho_1\frac{D\langle\vec{W}\rangle}{dt} = -\frac{dP_1}{d\vec{r}} + n\langle\vec{f}\rangle + \langle\varphi\rangle\rho_1\vec{g}, \quad (2)$$

пульсационной энергии;

$$\frac{DT}{dt} = \frac{2}{3n}\left[P_1:\left\langle\frac{d}{d\vec{r}}\cdot\langle\vec{W}\rangle\right\rangle - \frac{d\vec{Q}}{d\vec{r}} + \alpha\sqrt{T}\cdot\left(\sqrt{T^*} - \sqrt{T} + \alpha_c\sqrt{T}(T^* - T)\right)\right], \quad (3)$$

где  $\varphi$  — концентрация,  $t$  — время,  $r$  — радиус-вектор,  $W$  — скорость частиц,  $D$  — тензор самодиффузии,  $\rho_1$  — плотность частиц,  $P_1$  — плотность частиц,  $n$  — числовая концентрация,  $f$  — одночастичная функция распределения,  $T$  — температура.  $P$  — тензор напряжений,  $Q$  — поток частиц (жидкости),  $\alpha$  и  $\alpha_c$  — коэффициенты, <sup>\*</sup>) — величины в состоянии плотной упаковки частиц.

Дополняя их уравнением сохранения массы жидкой фазы и пренебрегая относительно малыми добавками к полным потокам фаз, обусловленными пульсациями, а также переносом пульсационной энергии и диссипацией энергии при столкновениях частиц, можно записать исходные уравнения для анализа устойчивости. Уравнение сохранения импульса непрерывной фазы, содержащие новую неизвестную переменную (давление в жидкости), которая не появляется в перечисленных уравнениях, в таком анализе можно не учитывать. Отсюда имеем:

$$\frac{d\varphi}{d\varphi} - \frac{d}{dx}(\varepsilon V) = 0, \quad \frac{d\varphi}{d\varphi} + \frac{d}{dx}(\varphi W) = 0, \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \varphi\left(\frac{d}{dt} + W\frac{d}{dx}\right)W &= -\frac{d}{dx}\left(\frac{P_1}{\rho_1}\right) + \frac{d}{dx}\left(\frac{\mu_1}{\rho_1}\frac{dW}{dx}\right) + \\ &+ \varphi\left\{\left[\frac{K_1(\varphi)}{\alpha_c\tau}u + \frac{K_2(\varphi)}{\alpha_c\alpha}u^2 - \varepsilon\left(1 - \frac{1}{\alpha_c}\right)g\right] + \left(\frac{\varepsilon}{\alpha_c} + \varphi\right)\left(\frac{d}{dt} + W\frac{d}{dx}\right)W + \right. \\ &\left. + \frac{3}{2\alpha_c} + \left[\varepsilon + \frac{\varphi}{2}\left(1 - \frac{1}{3}\alpha_c + \varphi\alpha_c + \frac{5}{2}K_1(\varphi)(3\varepsilon + 2\varphi\alpha_c)\right)\right]\right\} \end{aligned}$$

$$\left(\frac{d}{dt} + W \frac{d}{dx}\right)u + \frac{3K_1(\varphi)}{4\alpha_c} v_0 \frac{d^2V}{dx^2},$$

$$u=V-W,$$

$$\left(\frac{d}{dt} + W \frac{d}{dx}\right)T = \frac{2}{3n} \left[ -P_1 \frac{dw}{dx} + \frac{d}{dx} \left( \eta_1 \frac{dT}{dx} \right) + n(3 + 4F_2 u) \sqrt{T} (\sqrt{T^*} - \sqrt{T}) \right]. \quad (5)$$

Здесь  $V, W$  — средние скорости жидкости и частиц, динамическая вязкость  $\mu_1$  и коэффициент переноса энергий пульсаций  $\eta_1$  системы взвешенных частиц определяются по формулам (6).

$$\vartheta = \frac{Y\vartheta^0}{4\varphi} Y = G(\varphi) - 1 = 4\varphi x(\varphi), \quad \mu_1 = 4\varphi(Y^{-1} + 0,8 + 0,76Y)\mu_1^0,$$

$$\eta_1 = 4\varphi(Y^{-1} + 1,2 + 0,75Y)\eta_1^0,$$

$$D = 4\varphi Y^{-1} D^0 = x^{-1}(\varphi) D^0,$$

где градусом обозначены величины, относящиеся к разреженному газу:

$$\vartheta^0 = 16n^2 a^2 \left(\frac{\pi T}{m}\right)^{1/2}, \quad \mu_1^0 = \frac{5}{64a^2} \left(\frac{mT}{\pi}\right)^{1/2},$$

$$\eta_1^0 = \frac{15\mu_1^0}{m} = \frac{75}{256a^2} \left(\frac{T}{\pi m}\right)^{1/2}, \quad D^0 = \frac{3}{32na^2} \left(\frac{T}{\pi m}\right)^{1/2},$$

где  $a$  — радиус частицы,  $m$  — масса частицы,  $\mu$  — коэффициент динамической вязкости,  $\nu$  — коэффициент кинематической вязкости, частота столкновений частиц,  $x$  — фактор Энского,  $\vartheta$  — температура.

Средняя сила взаимодействия частиц в единице объема смеси с жидкостью включает в себя силы гидравлического взаимодействия, тяжести с учетом эффекта плавучести, силу плавучести, обусловленную ускоренным движением частиц, инерционную силу, связанную с эффектом присоединенной массы и силу Факсена. Эти силы выражены в соответствии с самосогласованной теорией суспензий в форме, предложенной в [2]. Составляющая силы межфазного взаимодействия, обусловленная эффектом Бассе, для простоты в (4) не учитывается. Можно показать, что эта составляющая мала по сравнению либо с вязкой, либо с инерционными силами. Составляющие, обусловленные эффектами присоединенной массы и Факсена, в виду их малости по сравнению с приведенными выше силами, могут не

учитываться для системы относительно крупных частиц. Отметим, что это не соблюдается для взвесей сравнительно мелких частиц, где влияние инерционной силы, связанной с эффектом присоединенной массы существенно.

Удобно уравнение сохранения пульсационной энергии частиц (6) выписать через величину  $\nu = T/m$ .

$$\begin{aligned} \frac{3}{2}\varphi \left( \frac{d}{dt} + W \frac{d}{dx} \right) \vartheta = - \frac{P_1}{\rho_1} \frac{dW}{dx} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \vec{\eta}_1 \frac{d\vartheta}{dx} \right) + \\ + \varphi \left( \frac{K_1(\varphi)}{\alpha_c \tau} + \frac{4K_2(\varphi)u}{\alpha_c \alpha} \right) \cdot \sqrt{\vartheta} (\sqrt{\vartheta^*} - \sqrt{\vartheta}). \end{aligned} \quad (8)$$

Реологическое замыкание системы уравнений (4), (5) и (8) представим на основании уравнения (4.41) из [1] и (7).

$$\begin{aligned} P_1 = -\rho_1 I + 2\mu_1 [E_W - (tr E_W/3)I] + S(tr E_W/3)I \\ S = \frac{4}{\pi a^2} \varphi^2 \chi \left( \frac{m\Gamma}{\pi} \right)^{1/2}, \end{aligned} \quad (9)$$

$$P_1 = [1 + 2(1 + e)\varphi x]nT \approx [1 + 4\varphi x]nT,$$

где  $P_1$  — изотропное давление псевдогаза частиц,  $I$  — единый тензор,  $\mu_1$  — коэффициент динамической вязкости вседогаза,  $E_W$  — тензор скоростей деформации, построенный по среднему полю скорости частиц  $\langle \vec{W}(t, \vec{r}) \rangle$ . Тогда

$$\begin{aligned} \frac{P_1}{\rho_1} = \varphi G(\varphi) \vartheta, \quad \frac{\mu_1}{\rho_1} = \frac{5}{12} \varphi (Y^{-1} + 0,8 + 0,76Y) \cdot (\pi \vartheta)^{1/2} a, \\ \vec{\eta}_1 = \frac{25}{16} \varphi (Y^{-1} + 1,2 + 0,75Y) (\pi \vartheta)^{1/2} a, \quad Y = G(\varphi) - 1 = 4\varphi x(\varphi). \end{aligned}$$

Функцию  $G(\varphi)$ , описывающую стерическое взаимодействие частиц, можно как и ранее представить в двух вариантах, во-первых, соответствующую версии Карнахэна-Старлинга, для системы сферических частиц вблизи от состояния плотной упаковки, во втором случае, следующую и теории Энского для плотных газов. Определенные недостатки и достоинства этих подходов к определению  $G(\varphi)$  для различных концентраций отмечены выше, и в дальнейших вычислениях используются оба варианта.

В полной постановке задача исследования устойчивости содержит все

уравнения сохранения (4), (5) и (8), где температура  $\vartheta$  выступает как неизвестная функция.

Здесь может быть полезным приближенный подход, основанный на рассмотрении равновесного состояния среды, когда все параметры потока, за исключением давления, однородны. Как было показано выше — такая идеализация позволяет сделать ряд существенных упрощений. Кроме того, если возможно пренебречь конвективной производной в левой части уравнения (8) и работой против сил давления вседозага частиц по сравнению с источниковыми членами, то имеем  $\vartheta = \vartheta^{**}$ , чему соответствует предположение о равенстве температуры пульсаций в неоднородных состояниях известной температуре, соответствующей локально однородным состояниям. В этом случае для анализа устойчивости достаточно будет иметь два уравнения сохранения диспергированной фазы — массы и импульса, что позволяет снизить порядок характеристического уравнения, и, тем самым, существенно упростить вычисления.

Условия нейтральной устойчивости найдем для следующих случаев определения эффективной температуры пульсаций частиц диспергированной фазы.

Во-первых, в равновесном состоянии с учетом уравнения (8). Температура в этом случае рассматривается как температура фиктивного однородного состояния дисперсной среды, характеризуемого локальными средними значениями динамических переменных.

Во-вторых, для ситуации, в которой температура соответствует локально однородным состояниям, и является функцией от средних характеристик движения дисперсной системы и физических параметров, т.е. в прежних обозначениях принять

$$\vartheta = \vartheta^{**} \quad (11)$$

Температура  $\vartheta^{**}$  локально однородных состояний определяется на основании следующего уравнения:

$$T^* = m \langle W_1^2 \rangle \geq \left[ \left( \frac{\alpha M^2}{H} \right)^2 I_1 - \left( \frac{\alpha M}{H} \right) d I_2 + d^2 \right] \langle \varphi^2 \rangle m u^2, \quad (12)$$

где введены следующие обозначения:

$$d = \frac{\varepsilon g}{2\alpha\varphi u F_1}, \quad I_1 = \frac{3b-2}{2(b-1)} - \frac{3\sqrt{b}}{4} \ln \frac{\sqrt{b}+1}{\sqrt{b}-1},$$

$$I_2 = -2 + \sqrt{b} \cdot \ln \frac{\sqrt{b}+1}{\sqrt{b}-1},$$

$$M = \frac{1}{\varepsilon} + \frac{(dF_1(d\varphi)u + (dF_2/d\varphi)u^2 - \varepsilon(1 + 1/\varphi))\vec{U}_0\vec{U}_g}{(F_1 + 2F_2U)U} - \frac{\varepsilon\vec{U}_0g/\varphi}{(iW + A + B)U'}$$

$\varepsilon$  — порозность,  $\varepsilon_0$  — безразмерная координата,  $i$  — мнимое число,  $H$  — функция Хевисайда,

$$b = \frac{\alpha + \beta}{H} \left( 1 + \frac{2\alpha}{2+F} \right); \alpha = \frac{A}{F_1}; \beta = \frac{B}{F_1};$$

$$F = \frac{2F_2U}{F_1} = \frac{(1-\varphi)^{9/2}}{12(1-1,17\varphi^{2/3})^2} \cdot \frac{\alpha U}{v_0}; \alpha = \frac{2+F}{2} \cdot \frac{3b-2}{2-F(1+F)^{-1}b}.$$

В-третьих, для невозмущенного однородного потока с концентрацией  $\varphi_0$ , где эффективная температура пульсаций предполагается неизменной и является функцией только одного параметра данного состояния системы частиц — их объемной концентрации  $\varphi_0$ .

$$\vartheta = \vartheta_0. \quad (13)$$

Невозмущенный однородный поток описывается единственным соотношением определяемым из следующего уравнения которое связывает концентрацию  $\varphi_0$  со средней скоростью  $u_0$  межфазного скольжения. Возможные значения последних заключены в интервале  $(u_{min}, u_{max})$ .

$$F_1 \Big|_{\varphi=\varphi_0}^{u_0} + F_2 \Big|_{\varphi=\varphi_0}^{u_0^2} = \varepsilon_0 (1 - \alpha_c^{-1}) g, \quad (14)$$

Если иметь в виду однородный псевдооживленный слой, границы этого интервала соответствуют переходу частиц в неподвижное состояние при  $u_0 < u_{min}$  и выносу отдельных частиц при  $u_0 > u_{max}$ . Нижний нулевой индекс отмечает далее величины, относимые к этому невозмущенному однородному

состоянию.

Используя систему координат, связанную со средним движением диспергированной фазы, из уравнений струи, которое обычно сводится к уравнению пограничного слоя, дополненными уравнениями состояния жидкости

$$\left. \begin{aligned} P &= P(S, T) \\ E &= E(S, T) \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Получаем

$$v = \frac{\varepsilon_0 u_0 - \varphi w}{\varepsilon} \quad u = v - w = \frac{\varepsilon_0 u_0 - w}{\varepsilon}. \quad (16)$$

Тогда для  $\vartheta^* = T^*/m$  и  $\vartheta_0 = T_0/m$  можно выписать следующие выражения

$$\vartheta^* = \langle w_1^2 \rangle = R(\varphi, u)(u\varepsilon)^2 = R(\varphi, u)(\varepsilon_0 u_0 - w)^2, \quad (17)$$

$$\vartheta_0 = R(\varphi_0)(\varepsilon_0 u_0)^2, \quad (18)$$

$$R(\varphi, u) = \left[ \left( \frac{\alpha M}{H} \right)^2 I_1 - \left( \frac{\alpha M}{H} \right) d I_2 + d^2 \right] \frac{1}{\varepsilon^2} \langle \varphi^2 \rangle, \quad (19)$$

$$R(\varphi_0) = \left[ \left( \frac{\alpha M_0}{H_0} \right)^2 I_1 - \left( \frac{\alpha M_0}{H_0} \right) d_0 I_2 + d_0^2 \right] \frac{1}{\varepsilon_0^2} \langle \varphi^2 \rangle \Big|_{\varphi=\varphi_0}, \quad (20)$$

$$M_0 = \frac{1}{\varepsilon_0} + \frac{1}{(1+F)} \left( \frac{d \ln F_1}{d\varphi} + \frac{F}{2} \frac{d \ln F_2}{d\varphi} \right)_0 + \\ + \frac{(1+1/\varphi)(1+F/2)}{\varepsilon_0(1+F)} - \frac{(1+F/2)}{F_1} \frac{1}{2\varepsilon_0 \varphi_0 \alpha'}$$

где  $u = u_0, \lambda$  — коэффициент гидравлического сопротивления,  $\lambda_1 = \lambda_2 = 1$ .

#### Библиографический список

1. Максимов Е.В. Газогидродинамика жидкой ванны. «Комплексная переработка минерального сырья Казахстана». Астана. 2003. Т.3. с. 260-321.
2. Buyevich Yu. A. Hydrodynamics of dispersions diffusion effects. // Arch. Mech. – 1990. V. 42. №4-5. P. 429-442.
3. Didwania A.K., Homsy G.M., Rayleigh-Taylor instability in fluidized beds //Ind. Engng. Chem. Fund. – 1981.V.20. 4.P.318-323.

4. Fanucci J.B., Ness N., Yen R.H. On the formation of bubbles in gas-particulate fluidized beds. // J. Fluid Mech. –1979.V.94. №2.P.353-367.

5. Homsy G.M., El-Kaiissy M.M., Didwania A.K. Instability waves and the origin of bubbles in fluidized beds. // Int. J. Multiphase Flow. – 1980.V. 6. P. 305-318.

6. Jackson R. Hydrodynamic stability of fluid particle systems // Fluidization. № 5. Academic press.1985. -P. 125-134.

## СЕКЦИЯ 2. ИННОВАЦИИ И РАЗРАБОТКИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ СФЕРЕ

УДК 692.231.3

### Кабанова Е.Г. Отделка наружных стеновых панелей с применением мраморной крошки, на основе местного сырья Республики Хакасия

Finishing of external wall panels with application of a marble crumb, on the  
basis of local raw materials of the Republic of Khakassia

**Кабанова Е.Г.**  
Хакасский технический институт  
(Филиал – СФУ), г. Абакан  
**Kabanova E.G.**  
The Khakass technical institute  
(Branch – SFU), Abakan

**Аннотация:** Рассмотрены основные проблемы фасадной отделки панельных домов. Приведены предложения по организации производства нового вида заводской наружной отделки – декоративных ковров, представляющих собой многослойные покрытия с применением мраморной крошки, вяжущего и основы в виде геотекстиля.

**Ключевые слова:** декоративные ковры, фасадная отделка, панельный дом, индустриальное строительство, мраморная крошка.

**Abstract:** The basic problems of the front trim panel houses . Offers on the organization of production of a new type of outdoor decoration factory - decorative carpets , which are multi-layer coating with the use of marble chips , the binder and the foundations of the geotextile.

**Keywords:** decorative carpets , exterior trim , panel building, industrial construction, marble chips.

Индустриальное домостроение – один из возможных путей для быстрого решения важнейших жилищных проблем и вопросов граждан . Только индустриальные технологии дают возможность строить в короткие сроки, в больших объемах быстро и качественно.

Современные панельные дома в достаточной степени отвечают требованиям по конструктивной (пространственной) прочности, безопасности, экологичности. Но остается проблема эстетичности и выразительности облика фасада.

Пример панельного дома советской застройки и пример наиболее



встречающейся отделки современных панельных домов показан ниже на рисунке 3.

К недостаткам по качественным показателям относится разрушение отделки в процессе эксплуатации (например, при окраске поверхности), а также ограниченный цветовой ряд облицовки (например, при отделке керамическими плитками) (Рис. 2). Недостаточная долговечность, требующая дополнительных экономических затрат на реконструкцию фасада. (Рис. 1)[1].



Рисунок 1. Разрушение фасада панельного жилого дома (97 серия)



Рисунок 2. Дом серии ПЗ, окрашен краской



Рисунок 3. Панельные дома советской застройки и пример наиболее встречающейся отделки современных панельных домов

Наружная фактура стеновых панелей должна обладать высокой декоративностью и долговечностью при малой стоимости и незначительных затратах ручного труда. В связи с этим, в ЦНИИЭП жилища в лаборатории технологий декоративных и модифицированных бетонов, выполнялись исследования по созданию новых видов наружной отделки, которые представляют собой декоративные ковровые покрытия – ковры с применением крошки из природных и искусственных материалов, полимерного вяжущего и основы в виде геотекстиля (далее – декоративные ковры с крошкой), а также полимерцементные ковры на основе сеток (далее – ПЦ ковры) [1].

Российская Федерация обладает значительными запасами сырья для производства строительных материалов на основе природного камня. Все ресурсы приурочены к горным сооружениям – Урал, Алтай-Саянская складчатая область, Енисейский кряж, Северный Кавказ и др., а также территории предгорий. Основные разведанные запасы сосредоточены в Уральском, Сибирском и Северо-Западном федеральных округах. На территории Западной Сибири месторождения карбонатных и кристаллических пород расположены в Кемеровской, Новосибирской областях, в Алтайском крае и Республике Хакасия [2].

В связи с вышесказанным возникает вопрос реализации и применения в промышленности и строительной отрасли вторичного сырья обработки природного камня. В городах России и Европы, которым не одно столетие, для отделки зданий и сооружений применяют облицовочные керамические изделия с применением вторичного сырья обработки камня. Они придают привлекательный архитектурный облик многим зданиям. Благодаря разнообразной цветовой гамме и широкой номенклатуре эти изделия создают эстетическую выразительность объектов. Архитектурная выразительность повышается с одновременным применением керамических изделий разной цветовой гаммы [3].

В современных условиях главной задачей становится разработка

способов нанесения долговечных покрытий, вписывающихся в существующую технологию изготовления панелей наружных стен без увеличения цикла производства изделий, т. е. в заводских условиях, позволяющих изготовить готовую панель с современной качественной отделкой, затрачивая при этом минимум времени и трудозатрат.

Большой вклад в создании эффективных способов заводской отделки внесли Граник Ю.Г., Ершов С.К., Жадановский Б.В., Нагрузова Л.П., Самойлович В.В., Скуратенко Е.Н., Халилов Р.Р., Цуранов Л.М. В результате исследований, проведенных в ОАО «НИЦ «Строительство», ОАО «Центральном научно-исследовательском и проектно-институте жилых и общественных зданий (ЦНИИЭП жилища)» были освоены и внедрены в широкую практику многочисленные технологии формования панелей наружных стен с фасадной отделкой [1].

Декоративные ковры представляют собой трехслойное покрытие для крепления в процессе формования изделий и двухслойное покрытие – для приклеивания после изготовления изделий. Трехслойная конструкция состоит из основы в виде геотекстиля со щелочестойкими волокнами плотностью 150-300 г/м<sup>2</sup>, уплотняющего слоя, включающего песок фракции 0,14-0,63 мм, мраморную муку фракции 0-0,14 мм, вяжущее в виде акрилового полимера, а также декоративного слоя, включающего каменную крошку размером до 3,0 мм и вяжущее в виде акрилового полимера. Двухслойная конструкция состоит из основы и декоративного слоя [1].

В связи с успешными результатами исследований, становится актуальным вопрос привязки данных составов, исследованных в ОАО «ЦНИИЭП жилища», к местным условиям и материалам РХ. Территория Республики Хакасия имеет огромные запасы мрамора, на ее территории располагается компания «МРАМОР ИЗ САЯН», оказывающая услуги в большинстве регионов России. Благодаря залежам мрамора на территории, вопрос о затратах на транспортировку снимается. Добывают Саянский мрамор

в Кибик-Кордонском месторождении, (сырьевая база «Саянмрамора»), который славится, как качеством камня, так и поистине огромными запасами этого природного ресурса (Рис. 4,5). Расположено месторождение в предгорьях Саян (верховье реки Енисей), в 30 км от г. Саяногорска в Республике Хакасия. Саянский мрамор, по своей цветовой гамме, подразделяется более чем на двадцать расцветок. В связи с этим, у него отсутствуют каталожные имена, присущие, к примеру, итальянскому мрамору. Благодаря этому мы имеем множество плюсов отделки стеновых панелей мраморной крошкой:

- износостойкость и прочность;
- не выцветает на солнце;
- устойчивость к атмосферным воздействиям (не боится жары, холода и воды);
- наносится на любую поверхность: гипсокартон, бетон, штукатурка, цемент и т.д.;
- привлекательный внешний вид;
- паропроницаемость;
- долговечность.



Рисунок 4. Кибик-Кордонское месторождение



Рисунок 5. Горы мраморной крошки

Таким образом, можно говорить о том, что максимальная утилизация отходов камнедобычи и камненакопления на базе последних достижений технического прогресса в этой области способствует повышению уровня рентабельности эксплуатации камнедобывающих и камнеобрабатывающих предприятий, рациональному использованию вторичного минерального сырья – мраморной крошки и более полному удовлетворению потребности народного хозяйства в каменных облицовочных изделиях и качественных строительных материалах применяемых для отделки зданий. Таким образом, используя местную сырьевую базу Республики Хакасия, отделка фасадных поверхностей элементов зданий, выполняемая в заводских условиях, позволит снизить их стоимость, за счет применения местного сырья, и повысить качество отделочных слоёв за счет применения новых способов механизации нанесения и крепления отделочных материалов, повышения их стойкости [4].

#### Библиографический список

1. Плаксенко Н. В. Технология изготовления декоративных ковров для отделки фасадов здания: автореф. дис. ...канд. технических наук: 05.23.08/ Григорьева Полина Игоревна. - Москва, 2013 – 30 с.
2. Першин Г.Д., Уляков М.С. Исследование сырьевой базы каменной промышленности урала: статья; ФГБОУ ВПО «Магнитогорский

государственный технический университет им. Г.И. Носова» - Магнитогорск, 2013 – 23 с.

3. Д.Ю. Землянушнов, Эколого-экономические аспекты применения тонкодисперсных отходов мрамора в производстве облицовочных керамических материалов/ 3. Д.Ю. Землянушнов В.Н. Соков, Д.В. Орешкин//Журнал Вестник МГСУ, 2014, № 8 – с. 118-126

4. Л. П. Нагрузова. Заводская технология изготовления декоративных ковров для отделки фасадных элементов/ Л. П. Нагрузова, Н. В. Плаксенко// Журнал Азербайджанская инженерная академия 2013. №4 - с. 110-116

УДК 69.001.5

## **Коваленко А.В. Анализ причин заложения сверхнадежности при проектировании строительных конструкций**

Analysis of the reasons for the laying of ultra-reliable in the design of building structures

**Коваленко А.В., Халимов О.З.**

Хакасский технический институт, г. Абакан

**Kovalenko A.V., Halimov O.Z.**

Khakas technical Institute, Abakan

**Аннотация:** В решении задачи повышения эффективности строительства большое значение имеет снижение количества и массы строительных конструкций, за счет уменьшения размеров поперечного сечения. Уменьшение этих показателей позволяет снизить затраты по их перевозке, уменьшить мощность монтажных и транспортных средств, укрупнить строительные конструкции и в конечном счете снизить трудоемкость и стоимость строительства. Очевидно, что большую часть стоимости строительных конструкций составляет цена собственно материалов, необходимых для их изготовления, которая в свою очередь примерно пропорциональна их массе. Стоимость изготовления и монтажа конструкций грубо тоже можно считать пропорциональными их массе. Поэтому оптимальная, наиболее экономичная конструкция – это почти всегда конструкция, габариты и масса которой близка к наименьшей возможной при данном уровне развития науки и техники. Следовательно, самое эффективное средство снижения стоимости строительных конструкций – это уменьшение затрат материала.

**Ключевые слова:** сверхнадежность, анализ, причины, ошибки проектирования.

**Abstract:** the problem of improving the efficiency of construction is of great importance to reduce the number and mass of building structures, by reducing the cross-sectional size. The decrease of these indicators allows to reduce the cost of transportation, reduce the power installation and of vehicles, to integrate building construction and ultimately reduce the complexity and cost of



construction. It is obvious that most of the cost of building structures is the price of the actual materials necessary for their production, which in turn is approximately proportional to their mass. The cost of manufacturing and installation too roughly can be considered proportional to their mass. Therefore, the best, most economical design is almost always design, dimensions and weight, which is close to the lowest possible given the level of development of science and technology. Hence, the most effective means of reducing the cost of building structures is to reduce the material cost.

**Keywords:** highly reliable, analysis of the causes of design errors.

Исторически сложилось в Российском государстве строить здания и сооружения на века. В царской России проектировщики очень боялись разгневать Государя и поэтому закладывали в несущие конструкции несущую способность, превышающую требуемую в несколько раз. В Советском Союзе при правлении И. В. Сталина инженерам жить стало еще страшнее, и этот страх начали прививать многим последующим поколениям инженеров. С 1955 г. Государственный комитет Совета Министров СССР по делам строительства начал утверждать строительные нормы и правила, а так же другие нормативные документы. В нормативных документах были введены разнообразные коэффициенты надежности, которые давали достаточно большую сверхнадежность. Нормы и правила неоднократно дорабатывались, актуализировались, но сверхнадежность сохранялась. И в правду, здания, построенные по этим нормам, стоят и по сегодняшний день, а значит, нормы работают. Так зачем же их менять? В Советском Союзе мало кто задумывался об экономической выгоде, ведь все инвестиции и доходы по большей части принадлежали государству. Но все изменилось в начале 90-х. В условиях рыночной экономики появилась необходимость задумываться не только о надежности, но и об экономической целесообразности проектов.

Анализ причин: Надежность и выгода неразрывно связаны друг с другом. Эти два фактора можно поставить на разные чаши весов, и добившись равновесия, можно получить оптимальный продукт. В Европе давно уже приблизились к «золотой середине», в то время как в России до сих пор чаша с надежностью перевешивает чашу выгоды, и на это есть ряд причин:

1) качество инженерно-геологических изысканий;

- 2) ошибки проектирования;
- 3) низкое качество строительных материалов;
- 4) не квалифицированность кадров;
- 5) психологический фактор «коэффициент спокойного сна»;

Рассмотрим некоторые из указанных причин:

#### 1. Качество инженерно-геологических изысканий.

В результате выполнения инженерно-геологических изысканий, проектировщик получает информацию о составе и свойствах грунтов, геологических процессах и процессах, определяющих условия строительства и эксплуатации зданий, вследствие чего выбирает тип основания и фундамента, принимает решение о размерах строения, формы, необходимости улучшения свойств грунтов основания и т.д. Несложно представить, как могут повлиять на эти решения, некачественно выполненные изыскания в плане экономических потерь, как на стадии строительства, так и при эксплуатации объекта. Дешевые и выполненные «формально» изыскания влекут за собой заведомо неверные решения на начальных жизненных циклах недвижимости, что без сомнений определяет степень риска возникновения негативных ситуаций на остальных стадиях строительного производства. Геологи-изыскатели и проектировщики-геотехники работают в условиях дефицита и неопределенности данных инженерно-геологических изысканий (ИГИ). Компенсируя недостаток информации, а так же недостоверность изыскательских работ, появляется необоснованный запас прочности конструкции, приводящий впоследствии к «моральному износу» здания.

Некоторые инженерно-геологические организации вместо проведения полевых, лабораторных и натурных исследований в последние годы в отчетах часто приводили и продолжают приводить значения характеристик грунтов, почерпнутые из справочников, СНиПов, ведомственных норм (ВСН). Эти данные естественно могут значительно отличаться от результатов реальных полевых и лабораторных исследований. Использование этих характеристик при



проектировании ответственных зданий приводит к тому, что конструкции фундаментов оказываются недостаточно обоснованными, так как таблицы нормативных значений показателей свойств грунтов, приводимые в таблицах СНиПов, являются справочными и не могут отражать реальные свойства грунтов данной конкретной площадки.

Кроме того, даже при выполнении инженерно-геологических изысканий полученные данные характеризуются разрозненностью (большие расстояния между точками измерения), неизбежными погрешностями, разбросом и невозможностью однозначной интерпретации. К этому добавляется человеческий фактор: субъективизм оценок данных измерений, субъективная ручная графическая обработка данных (например, построение границ инженерно-геологических элементов вручную). По этим данным с помощью весьма приближенных калибровочных формул определяются параметры для расчета зданий и сооружений.

Самая известная и регулярно совершаемая ошибка — это занижение с целью мнимой экономии объема геологических изысканий ниже минимально достаточного. И как следствие при этом в отчетах меняются в худшую сторону параметры грунтов, выдаются излишние рекомендации по их укреплению, что, в конечном счете, приводит к значительному удорожанию самого строительства.

## 2. Ошибки проектирования.

Основные средства экономии материалов – искусное проектирование. Грамотно выполненный проект обеспечивает необходимую надежность здания и в то же время не имеет неоправданно заложенной сверхнадежности строительных конструкций, а значит, не приведет к ненужным финансовым затратам. Рассмотрим некоторые примеры инженерных решений проектов зданий, которые были пересмотрены в период их возведения с целью сокращения стоимости материалов, строительных работ и сроков строительства.

*Пример 1.* Один из эффективных примеров взаимодействия геотехников в период строительства была работа по научно-техническому сопровождению при возведении фундаментов Перинатального центра в Абакане. Работа началась с заказа на проведение динамических и статических испытаний грунтов сваями (август – сентябрь 2014г) .

Перед началом производства этих работ были проанализированы материалы инженерно-геологических изысканий и проектное решение московских проектировщиков, которые в галечниковые грунты заложили погружение пятиметровых свай сечением 350 x 350мм.

Москвичи не рассмотрели опыт местных проектировщиков и строителей и применили сваи, которые широко используются в Москве и московской области. Предложение местных геотехников по усовершенствованию проекта натолкнулось на препятствие: «проект, который прошёл экспертизу, не может быть подвержен переработке без прохождения повторной экспертизы, а времени на неё нет -необходимо осваивать бюджетные деньги».

Результаты динамических и статических испытаний показали на значительные запасы в несущей способности свай в сравнении с проектными решениями.

Так на главном корпусе конструкторами проектного института нагрузка на сваю не должна превышать 700кН, а для вспомогательных зданий (1-2 этажа) – 600кН. По результатам динамических испытаний, которые преобладали под пятном главного корпуса, в соответствии с заданием проектного института (таблица 1), несущая способность сваи превышает 2000 кН, что более чем в 2.5 раза больше проектной нагрузки или, что более понятно – количество погружаемых свай в 2,5 раза превышает их необходимое число. Общее число свай на площадке 1350, а в соответствии с фактической несущей способностью их необходимо 500шт.

Один из путей оптимизации – снижение сечения свай и их количество. Наиболее рациональным на основе проведённых ранее испытаний в Хакасии являются сваи сечением 250х250мм.

Проведение конкурсных торгов на этом объекте завершилось к концу октября. В связи с близким уровнем грунтовых вод для перемещения сваебойных агрегатов в котловане генподрядчику необходимо было постоянно подвозить гравийно-галечниковую смесь для устройства основания для временных дорог. Поэтому с наступлением отрицательных температур эта проблема начала снижаться. Однако геотехники просчитали риски, связанные с морозным пучением грунтов и предсказали, что деформации поднятия дневной поверхности могут достигнуть 300мм. Проектным решением предусмотрено устройство под ростверком лишь песчаной подготовки.

На основе многочисленных споров с представителями авторского надзора удалось убедить заказчика принять правильное решение о создании против пучинного зазора из листов пенопласта толщиной 100 мм.

Также генподрядчик по предложению геотехников вёл ежедневный геодезический контроль над состоянием свай и промерзающего вспучивающегося грунта. На всей площадке строительства зафиксированы деформации морозного пучения до 280 мм. Для посадки ростверка на нужную отметку на главном корпусе пришлось выдалбливать мерзлый вспучившийся грунт на величину от 100 до 300 мм в зависимости от величины недобора и времени промерзания. Так для ростверков, бетонируемых в конце ноября, выборка вспученного грунта производилась на глубину до 100мм, а в феврале – марте – до 300мм. Таким образом, на основе данного объекта появилась потребность во введении термина «перебор». Если для возведения фундаментов на естественном основании необходимо дно котлована или траншеи не обнажать на величину недобора (100 – 400) мм в зависимости от мощности землеройной техники, то для свайных фундаментов в пучинистых грунтах котлован необходимо перекапывать на величину поднятия грунта от

деформаций морозного пучения, чтобы не пришлось вручную, как произошло на этом объекте – главном корпусе перинатального центра, выдалбливать мерзлый грунт для выхода на нужную отметку. Однако чем ближе к грунтовым водам разрабатывается грунт, тем сложнее на нем производить работы: техника тонет.

В связи с этим, какая из «бед» тяжелее – выборка (выдалбливание) мёрзлого вспученного грунта для выхода на проектную отметку низа ростверка или привозка галечникового грунта для устройства временных дорог – определить не просто. Для разработки работоспособного проекта организации строительства необходим дифференцированный подход для создания сети временных дорог и тем более – знания деформаций морозного пучения и, соответственно, – величины перекопа котлована.

Следующая геотехническая проблема, с которой не мог справиться авторский надзор и генподрядчик – как быть с пустотой, образующейся после оттаивания грунта, вспученного до бетонирования железобетонной плиты. У проектировщиков и строителей зародилось сомнение в работоспособности плиты, опирающейся только на сваи; генподрядчик высказал предложение о целесообразности усиления армирования для компенсации восприятия части нагрузки (15-20) %, которую должен брать на себя грунт. Другое предложение о необходимости передачи нагрузки на грунт решалось путём заполнения образовавшейся щели между железобетонной плитой и грунтом инъекционными растворами. Решение совместной работы плиты со свайными кустами в условиях сейсмического воздействия показало надежное восприятие сейсмической нагрузки сваями, плита в свою очередь надежно воспринимает нагрузки от реакции свай, дополнительного восприятия усилий грунтом не требуется, также не требуется производить усиления армирования плиты. Таким образом, проведённые расчёты показали на отсутствие необходимости заполнения пространства между плитой и грунтом, а также на отсутствие необходимости усиления армирования самой плиты.

## Библиографический список

1. В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин «Гид по геотехнике» / ПИ «Геореконструкция» - СПб. 2010. – 208
2. О. З. Халимов «Система геотехнических экспертиз недвижимости» // Вестник Хакасского технического института – филиала Сибирского федерального университета. 2007. №24. С. 187-190

УДК 624. 21

### **Петрова Г. В. Пролетные строения мостов малых пролетов из труб**

Spans Bridge spans from small pipes

**Петрова Г.В.,**  
Томский государственный  
архитектурно-строительный университет, г. Томск  
**Petrova G.**  
Tomsk State University  
of Architecture and Construction, Tomsk

**Аннотация:** В данной статье рассматривается вопрос приближенного расчета пролетных строений мостов малых пролетов ( $L_m < 25$  м) из металлических труб методом упругих опор. В результате проведенных расчетов была выявлена зависимость точности и надежности вычислений от числа учитываемых труб-балок в составе поперечного сечения пролетного строения. Для увеличения точности и надежности вычислений необходимо учитывать как можно большее число труб-балок в составе пролетного строения при вычислении КПУ методом упругих опор.

**Ключевые слова:** пролетные строения, малые пролеты, металлические трубы, метод упругих опор.

**Abstract:** This article discusses the approximate calculation of bridge spans the small spans ( $L_m < 25$  m) of metal pipes by resilient mounts. As a result of the calculations was revealed the dependence of the accuracy and reliability of calculation of the number of tubes, beams accounted as part of the cross-section of the span. To increase the accuracy and reliability of the calculations must take into account the greatest possible number of pipes, beams as part of the superstructure in the calculation of the CPU by elastic supports.

**Keywords:** superstructures, small bays, metal pipes, the method of elastic supports.

Мною были разработаны шесть вариантов пролетных строений мостов из труб для малых мостов длиной 9, 12, 15, 18, 21, 24 м. Мною был предложен расчет пролетных строений из труб методом упругих опор.

Метод упругих опор применяется при расчёте «широких» мостов, когда ширина пролёта больше половины его длины. Балками является плита проезжей части, а упругими опорами – сами главные балки для которых строятся линии влияния опорных давлений в зависимости от жёсткостного коэффициента, который вычисляется по формуле:

$$\alpha = 12,8 \frac{d^3}{L_p^4} \cdot \frac{I_{гб}}{I_{пл}} \quad (1)$$

где:  $d$  – расстояние между главными балками, (м)

$L_p$  – расчётная длина пролётного строения, (м)

$I_{гб}$  – момент инерции главной балки, ( $м^4$ )

$I_{пл}$  – момент инерции плиты проезжей части, ( $м^4$ )

Далее линии влияния давлений на балки строят с помощью специальных таблиц составленных В.С. Осиповым [1, с. 84]. Так же такие таблицы есть в учебниках В.А. Российского [3, с. 108] и Н. И. Поливанова [2, с. 56]. Описание метода упругих опор дано в книге Л. В. Семенца [4, с. 96]. Ниже представлен пример расчета пролётного строения.

Исходные данные. Автодорожный мост на дороге IV технической категории пролётом 9 м имеет габарит Г-8,52 м без тротуаров (рис. 1).

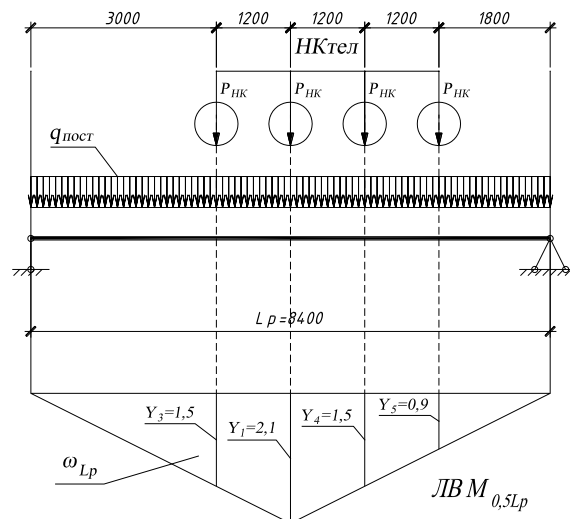


Рисунок 1. Схема нагрузки НК вдоль моста

Сталежелезобетонное пролётное строение образовано из 10 металлических труб диаметром  $D = 820\text{мм}$  с толщиной стенки 10 мм,

объединённых между собой в уровне горизонтальной оси симметрии с помощью спаренных в сварной двутавр прокатных швеллеров №22. Дополнительно трубы объединены сверху горизонтальными упорами из уголков 125x125x8мм. Сверху над трубами устроена железобетонная плита с минимальной толщиной  $h_{min} = 205$ мм. Сверху над железобетонной плитой устроено цементобетонное покрытие толщиной  $h = 150$ мм. Металлические трубы проектируются из стали Ст3сп, железобетонная плита из бетона марки В30. Балки пролётногo строения опираются на тангенциальные опорные части, оси опирания отстоят от торцов балок на 0,3 м. Расчётная схема пролётногo строения – однопролётная балка с расчётным пролётом  $L_p = 9 - 2 \cdot 0,3 = 8,4$  м.

Сбор постоянных нагрузок. Постоянная нагрузка на пролётное строение состоит из собственного веса металлических труб, железобетонной плиты с металлическими упорами, барьерных ограждений совмещённых с перилами и дорожной одежды.

Так как крайние балки в отличие от средних нагружены только половиной постоянной нагрузки от веса металлических упоров, арматуры сеток армирования и бетона плиты перекрытия приходящихся на среднюю балку, и дополнительно принимаем, что вес барьерных ограждений совмещённых с перилами приходится только на крайние балки, то сбор постоянных нагрузок на балки пролётногo строения необходимо делать отдельно для крайних балок и для средних.

При расчёте конструкции по предельным состояниям I группы от расчётных нагрузок необходимо учитывать что собственный вес различных слоёв дорожной одежды и элементов пролётногo строения учитывается с разными коэффициентами надёжности  $\gamma_j$ , которые принимаются по таблице 6.4 СП35 «Мосты и трубы». Поэтому вычисление интенсивностей постоянной нагрузки от веса дорожной одежды и конструкций пролётногo строения ведётся по отдельности. По формуле  $q = \frac{\text{ВесБалки}}{\text{ДлинаБалки}}$  были получены интенсивности постоянной нагрузки от веса дорожной одежды и конструкций пролётногo

строения для крайней и средней балки представленные в таблице 1.

Таблица 1

Интенсивности постоянных нагрузок, (т/м)

Название	№ варианта					
	1 (L <sub>м</sub> =9м)	2 (L <sub>м</sub> =12м)	3 (L <sub>м</sub> =15м)	4 (L <sub>м</sub> =18м)	5 (L <sub>м</sub> =21м)	6 (L <sub>м</sub> =24м)
Погонная нагрузка на крайнюю балку q <sub>кб</sub>	0,71	0,61	0,65	0,61	0,72	0,61
Погонная нагрузка на среднюю балку q <sub>б</sub>	1,03	0,82	0,90	0,82	1,04	0,83
Погонная нагрузка от дорожной одежды на крайнюю балку q <sub>докб</sub>	0,14	0,14	0,14	0,12	0,14	0,14
Погонная нагрузка от дорожной одежды на среднюю балку q <sub>доб</sub>	0,27	0,27	0,27	0,23	0,27	0,27

Из таблицы 1 для нашего пролётного строения берём следующие интенсивности постоянной нагрузки:

$q_{кб} = 0,71$  т/м – постоянная нагрузка на крайнюю балку

$q_{б} = 1,03$  т/м – постоянная нагрузка на среднюю балку

$q_{докб} = 0,14$  т/м - постоянная нагрузка от дорожной одежды на крайнюю балку

$q_{доб} = 0,27$  т/м – постоянная нагрузка от дорожной одежды на среднюю балку

Коэффициенты надёжности для постоянных нагрузок принимаем следующие:

$\gamma_{fn} = 1,1$  – для веса конструкций пролётного строения

$\gamma_{fдо} = 1,5$  – для веса покрытия ездового полотна

Далее в табличном виде вычислим нормативные и расчётные постоянные нагрузки отдельно на крайнюю и средние балки таблица 2 и таблица 3.



Таблица 2

## Постоянные нагрузки на крайнюю балку №1

Вид нагрузки	Нормативная интенсивность $q_n$ , т/м	Коэффициент надёжности $\gamma_f$	Расчетная интенсивность $q_r$ , т/м
Основные обычные элементы моста $q_{кб}$	0,71	1,1	0,78
Вес дорожной одежды $q_{докб}$	0,14	1,5	0,21
Итого:	0,85		0,99

Таблица 3

## Постоянные нагрузки на среднюю балку №2

Вид нагрузки	Нормативная интенсивность $q_n$ , т/м	Коэффициент надёжности $\gamma_f$	Расчетная интенсивность $q_r$ , т/м
Основные обычные элементы моста $q_b$	1,03	1,1	1,13
Вес дорожной одежды $q_{доб}$	0,27	1,5	0,41
Итого:	1,30		1,54

Сбор временных нагрузок. Временная нагрузка на пролётное строение принимается от автомобильной нагрузки А14 и от тяжёлых транспортных единиц НК102 согласно требованиям СП35 «Мосты и трубы» и ГОСТ Р 52748 «Нормативные нагрузки, расчётные схемы нагружения и габариты приближения».

Распределение временной нагрузки между балками пролётного строения. Вычисление КПУ. Численно коэффициент поперечной установки КПУ показывает число нагрузочных полос приходящихся на рассчитываемую балку.

Метод упругих опор. Расстояние между балками (опорами)  $d = 0,97$  м, вылет консолей  $d_k = 0,41$  м. Расчётный пролёт балки  $L_p = 8,4$  м. Момент инерции плиты пролётного строения шириной 1 м вычисляется как для бетонного сечения армированного стержневой арматурой и прокатными профилями. Жёсткостные характеристики сечений приводились к свойствам стали с помощью коэффициентов приведения. Результаты вычислений показаны в таблице 4.

Таблица 4

## Моменты инерции «условных» поперечных балок плиты

№ варианта	Момент инерции плиты $I_{пл}, \text{м}^4$	Общая высота сечения $H_{общ}, (\text{мм})$	Координата нейтральной оси $Y_{но}$ относительно нижней грани, (мм)
1	0,003789	729,5	443,755
2	0,002587	638	377,76
3	0,002951	669,5	399,625
4	0,001632	921,5	761,712
5	0,003789	729,5	443,755
6	0,002587	638	377,76

Момент инерции балки вычисляем как для трубы диаметром  $D = 820$  мм с толщиной стенки  $s = 10$  мм объединённой с железобетонной плитой в верхней части с помощью гибких опор. Жёсткостные характеристики сечений приводились к свойствам стали с помощью коэффициентов приведения. Результаты вычислений показаны в таблице 5.

Таблица 5

## Моменты инерции «условных» главных балок

№ варианта	Момент инерции главной балки $I_{гб}, \text{м}^4$	Общая высота сечения $H_{общ}, (\text{мм})$	Координата нейтральной оси $Y_{но}$ относительно нижней грани, (мм)
1	0,013060443	1240,5	1058,788
2	0,006064153	940	799,227
3	0,006597788	970	824,719
4	0,00746447	1030	862,428
5	0,013060443	1240,5	1058,788
6	0,006064153	940	799,227

Коэффициент жёсткости  $\alpha$  будет равен:

$$\alpha = 12,8 \frac{d^3}{L_p^4} \cdot \frac{I_{гб}}{I_{пл}}$$

$$\frac{I_{гб}}{I_{пл}} = 12,8 \cdot 0,973/8,44 \cdot 0,013060443/0,003789 = 0,00809$$

Воспользуемся формулами для восьмипролётной балки с консолями из книги Осипова В. С. [1, с 100]. Общий знаменатель  $D$  будет равен:

$$D = 540 + 48312 \alpha + 588330 \alpha^2 + 1856808 \alpha^3 + 2051202 \alpha^4 =$$

$$= 540 + 390,844 + 38,505 + 0,983 + 0,009 = 970,341$$

Ординаты линии влияния для крайней главной балки №1 будут равны:

$$R_{00} = \frac{1}{D(204 + 29784 \alpha + 450942 \alpha^2 + 1597864 \alpha^3 + 1886810 \alpha^4)} =$$

$$= 0,001(204 + 240,952 + 29,513 + 0,846 + 0,008) = 0,490$$

Аналогично вычисляем остальные ординаты:

$$R_{01} = 0,336; R_{02} = 0,204; R_{03} = 0,104; R_{04} = 0,035; R_{05} = - 0,010;$$

$$R_{06} = -0,037; R_{07} = - 0,054; R_{08} = - 0,068.$$

Множитель для ординаты консоли главной балки №1 будет равен:

$$R_{00}^M = \frac{1}{D(36 + 12138 \alpha + 280434 \alpha^2 + 1294569 \alpha^3 + 1825150 \alpha^4)} =$$

$$= 0,001(36 + 98,196 + 18,354 + 0,685 + 0,008) = 0,153$$

Ордината консоли главной балки будет равна:

$$R_{00к} = 0,490 + 0,41 \cdot 0,153 = 0,555$$

Ординаты линии влияния для главной балки №2 будут равны:

$$R_{10} = \frac{1}{D(168 + 17982 \alpha + 189036 \alpha^2 + 440683 \alpha^3 + 320694 \alpha^4)} =$$

$$= 0,001(168 + 145,474 + 12,372 + 0,233 + 0,001) = 0,336$$

Аналогично вычисляем остальные ординаты:

$$R_{11} = 0,278; R_{12} = 0,209; R_{13} = 0,141; R_{14} = 0,036; R_{16} = 0,00; R_{17} = - 0,028;$$

$$R_{18} = - 0,054$$

Множитель для ординаты консоли главной балки №2 будет равен:

$$R_{01}^M = \frac{1}{D(27 + 3654 \alpha - 33522 \alpha^2 - 615909 \alpha^3 - 1388958 \alpha^4)} =$$

$$= 0,001(27 + 29,561 - 2,194 - 0,326 - 0,006) = 0,054$$

Ордината консоли главной балки будет равна:

$$R_{10к} = 0,336 + 0,41 \cdot 0,054 = 0,359$$

Схемы загрузки полученных эпюр показаны на рис. 2.

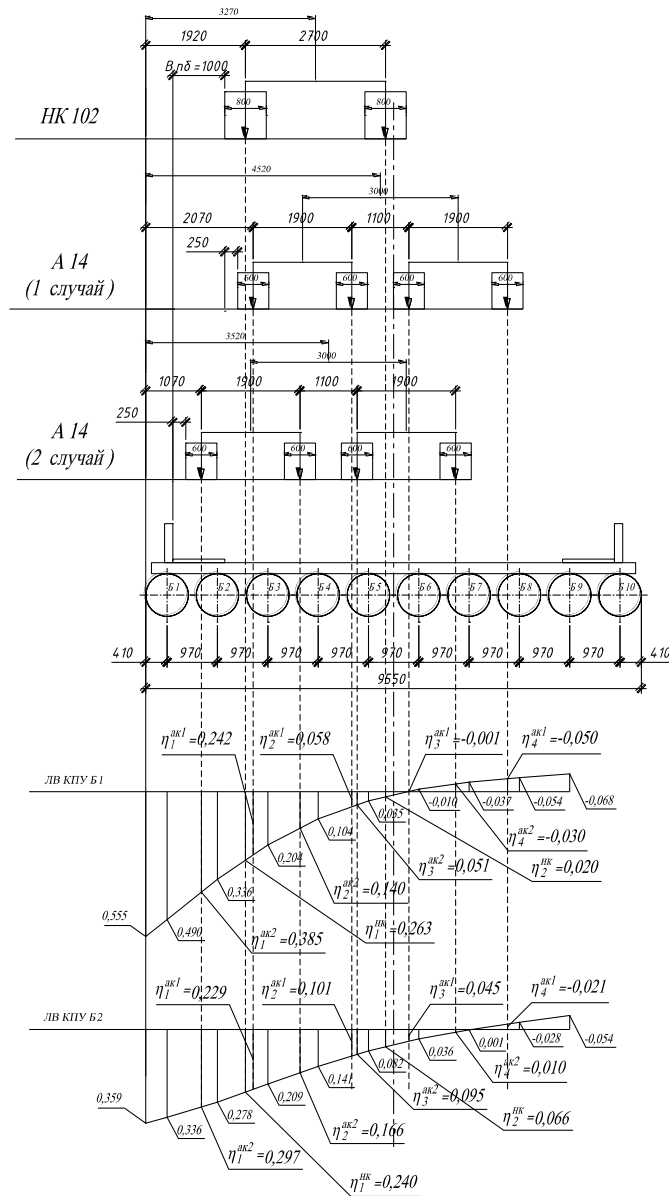


Рисунок 2. Линии влияния КПУ метода упругих опор

Коэффициенты поперечной установки для метода упругих опор вычисляются по формуле:

$$\text{КПУ} = \frac{\eta_1 + \mu_2}{2} + 0,6 \frac{\eta_3 + \mu_4}{2}$$

Линии влияния КПУ метода упругих опор показаны на рисунке 2.

Коэффициенты поперечной установки от двух полос нагрузки А14 на краю проезжей части (1 случай) будут равны:

Для балки Б1:  $\text{КПУ}_{ак161} = 0,135$

Для балки Б2:  $\text{КПУ}_{ак162} = 0,172$

Коэффициенты поперечной установки от двух полос нагрузки А14 на краю ездого полотна (2 случай) будут равны:

$$\text{Для балки Б1: КПУ}_{\text{ак2б1}} = 0,269$$

$$\text{Для балки Б2: КПУ}_{\text{ак2б2}} = 0,263$$

Коэффициенты поперечной установки от нагрузки НК102 на краю проезжей части будут равны:

$$\text{Для балки Б1: КПУ}_{\text{нкб1}} = 0,142$$

$$\text{Для балки Б2: КПУ}_{\text{нкб2}} = 0,153$$

Линия влияния изгибающего момента посередине пролёта балки и положение нагрузки, соответствующее  $M_{\text{max}}$ , приведены для нагрузки АК на рис. 3, для НК на рис. 1.

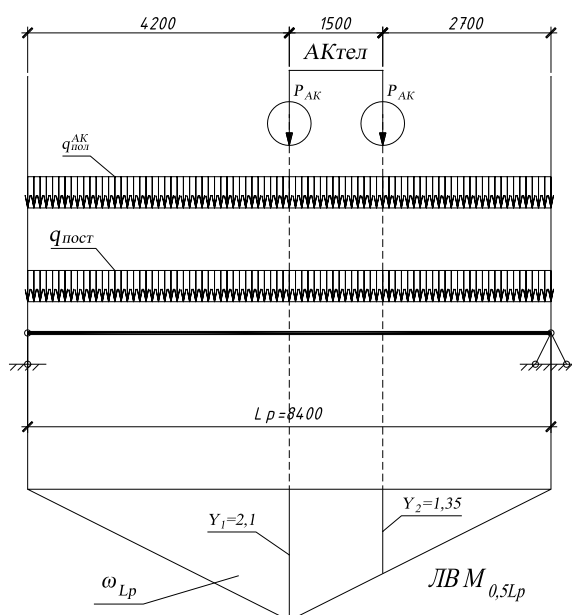


Рисунок 3. Схема нагрузки АК вдоль моста

Площадь линии влияния равна:  $\omega_M = 0,125 \cdot L_p^2 = 0,125 \cdot 8,42 = 8,82$

Ординаты линии влияния от тележки нагрузки А14 равны:

$$Y_1 = \frac{L_p}{4} = 8,4/4 = 2,1$$

$$Y_2 = Y_1 \frac{0,5 \cdot L_p - 1,5}{0,5 L_p} = 2,1 \cdot \frac{0,5 \cdot 8,4 - 1,5}{0,5 \cdot 8,4} = 1,35$$

Ординаты линии влияния от тележки НК102 равны:

$$Y_1 = 2,1$$

$$Y_3 = Y_4 = Y_1 \frac{0,5 \cdot L_p - 1,2}{0,5 L_p} = 2,1 \cdot \frac{0,5 \cdot 8,4 - 1,2}{0,5 \cdot 8,4} = 1,5$$

$$Y_5 = Y_1 \frac{0,5 \cdot L_p - 2,4}{0,5 L_p} = 2,1 \cdot \frac{0,5 \cdot 8,4 - 2,4}{0,5 \cdot 8,4} = 0,9$$

Коэффициенты надёжности согласно СП35 принимаются

Коэффициенты надёжности для временных нагрузок принимаем согласно таблице 6.10 СП35 следующие:

$\gamma_{fAKT} = 1,5$  – для тележки нагрузки АК

$\gamma_{fAKn} = 1,15$  – для полосовой нагрузки АК

$\gamma_{fHK} = 1,1$  – для нагрузки НК

Динамические коэффициенты принимаются согласно п. 6.22.2 СП35 следующие:

$(1+\mu)_{AKT} = 1,4$  – для тележки нагрузки АК

$(1+\mu)_{AKn} = 1,0$  – для полосовой нагрузки АК

$(1+\mu)_{HK} = 1,0$  – для нагрузки НК

Значения временных нагрузок принимаем согласно п. 6.12 СП35 для нагрузок класса  $K=14$ :

$P_{ak} = 10K = 10 \cdot 14 = 140$  кН – осевая нагрузка тележки АК

$v_{ak} = K = 14$  кН/м – интенсивность полосовой нагрузки АК

$P_{нк} = 18K = 18 \cdot 14 = 252$  кН – осевая нагрузка тележки НК

Вычисление изгибающих моментов в середине пролёта и проверка прочности главной балки.

Изгибающие моменты вычисляется по формуле:

нормативные:

для нагрузки АК

$$M_n^{AK} = q_c \cdot \omega_M + K_{ПУ} AK (P_{ak} (Y_1 + Y_2) + v_{ak} \cdot \omega_M)$$

для нагрузки НК

$$M_n^{HK} = q_c \cdot \omega_M + K_{ПУ} HK (P_{нк} (Y_1 + Y_3 + Y_4 + Y_5))$$

расчётные:

для нагрузки АК

$$M_r^{AK} = \gamma_{fc} \cdot q_c \cdot \omega_M + \text{КПУ}_{AK} (\gamma_{fAKT} \cdot (1+\mu)_{AKT} \cdot P_{AK} (Y_1 + Y_2) + \gamma_{fAKП} \cdot (1+\mu)_{AKП} \cdot v_{AK} \cdot \omega_M)$$

для нагрузки НК

$$M_r^{HK} = \gamma_{fc} \cdot q_c \cdot \omega_M + \text{КПУ}_{HK} (\gamma_{fHK} \cdot (1+\mu)_{HK} \cdot P_{HK} (Y_1 + Y_3 + Y_4 + Y_5))$$

Вычисления изгибающих моментов для балки №1 сведены в таблицу 6, для балки №2 в таблицу 7.

Таблица 6

Изгибающие моменты в крайней балке №1

Схема нагружения	Нагрузка от собств. веса $q_{c.v.}$	1		2		3
		Тележка АК, $P_{AK}$	Полосовая АК, $v_{AK}$	Тележка АК, $P_{AK}$	Полосовая АК, $v_{AK}$	$P_{HK}$
Значения норм. $q, P, v$ , (кН/м, кН)	8,34	140	14	140	14	252
$\sum Y_i, \text{м}$		3,45	-	3,45	-	6
$\sum \omega_i, \text{м}^2$	8,82	-	8,82	-	8,82	-
$\eta(\text{КПУ})$	-	0,135	0,135	0,269	0,269	0,142
$M_n, \text{кН}\cdot\text{м}$	73,56	65,21	16,67	129,93	33,22	214,7
$\sum M_n, \text{кН}\cdot\text{м}$	73,56		81,88		163,15	214,7
$\sum M_{\text{нобщ}}, \text{кН}\cdot\text{м}$			155,44		236,71	288,26
$\gamma_f$		1,5	1,15	1,5	1,15	1,1
$(1+\mu)$		1,4	1	1,4	1	1
Значения расч. $q, P, v$ , (кН/м, кН)	9,71	294	16,1	294	16,1	277,2
$M_p, \text{кН}\cdot\text{м}$	85,64	136,93	19,17	272,85	38,20	236,17
$\sum M_p, \text{кН}\cdot\text{м}$	85,64		156,1		311,05	236,17
$\sum M_{\text{робщ}}, \text{кН}\cdot\text{м}$			241,74		396,69	321,81

Из таблиц 6 и 7 видно, что максимальный изгибающий момент наблюдается в балке №2 от нагрузки А14 (2 случай нагружения) и равен  $M_{\text{max}}=437,38 \text{ кНм}$ .

Проверим прочность главной балки по изгибающему моменту по формуле:

$$\sigma_{\phi} = \frac{M_{\text{max}} \cdot Y_{\text{но}}}{I_{\text{пр}}} \leq R_{\text{пр}}$$

## Изгибающие моменты в крайней балке №2

Схема нагружения	Нагрузка от собств веса $q_{с.в}$	1		2		3
		Тележка АК, $P_{АК}$	Полосовая АК, $v_{АК}$	Тележка АК, $P_{АК}$	Полосовая АК, $v_{АК}$	
Значения норм. $q, P, v$ , (кН/м, кН)	12,75	140	14	140	14	252
$\sum Y_i, м$		3,45	-	3,45	-	6
$\sum \omega_i, м^2$	8,82	-	8,82	-	8,82	-
$\eta(КПУ)$	-	0,172	0,172	0,263	0,263	0,153
$M_n, кН\cdot м$	112,46	83,08	21,24	127,03	32,48	231,34
$\sum M_n, кН\cdot м$	112,46		104,32		159,51	231,34
$\sum M_{нобщ}, кН\cdot м$			216,78		271,97	<b>343,8</b>
$\gamma_f$		1,5	1,15	1,5	1,15	1,1
$(1+\mu)$		1,4	1	1,4	1	1
Значения расч. $q, P, v$ , (кН/м, кН)	15,11	294	16,1	294	16,1	277,2
$M_p, кН\cdot м$	133,27	174,46	24,42	266,76	37,35	254,47
$\sum M_p, кН\cdot м$	133,27		198,88		304,11	254,47
$\sum M_{робщ}, кН\cdot м$			332,15		<b>437,38</b>	387,74

Так как приведённый момент инерции  $I_{пр}$  вычислялся при приведении всего сечения к стали то величину предельного сопротивления  $R_{пр}$  будем вычислять для стали углеродистой обыкновенного качества Ст3сп из которой изготавливаются обыкновенные трубы.

На основании п.8.8, 8.19 и таблиц 8.3, 8.4, 8.15 СП35 предельное сопротивление  $R_{пр}$  вычисляем по формуле:

$$R_{пр} = m \cdot \frac{R_{yn}}{\gamma_m}$$

Где  $R_{yn}=255$  Мпа – нормативное сопротивление по пределу текучести для стали Ст3сп берём из таблицы 2 ГОСТ535-2005;

$m=1$  – коэффициент условий работы из таблицы 8.15 СП35 берётся как для автодорожных мостов;



$\gamma_m=1,05$  – коэффициент надёжности по материалу из таблицы 8.4 СП35 берётся как для ГОСТ535

$$R_{пр} = 1 \cdot \frac{255}{1,05} = 242 \text{ МПа}$$

Фактические растягивающие напряжения в нижней зоне металлической трубы будут равны:

$$\sigma_{\phi} = \frac{437,38 \cdot 1,059}{0,013060443 \cdot 1000} = 35,5 \text{ МПа}$$

Проверим условие прочности:

$$\sigma_{\phi} = 35,5 < R_{пр} = 242 \text{ МПа}$$

Вывод: условие прочности выполняется с запасом 85,3%

Далее были выполнены аналогичные вычисления для схем пролётных строений метода упругих опор состоящие из 7 и 8 балок. Результаты вычислений КПУ показаны в таблице 8 и на рисунках 4, 5.

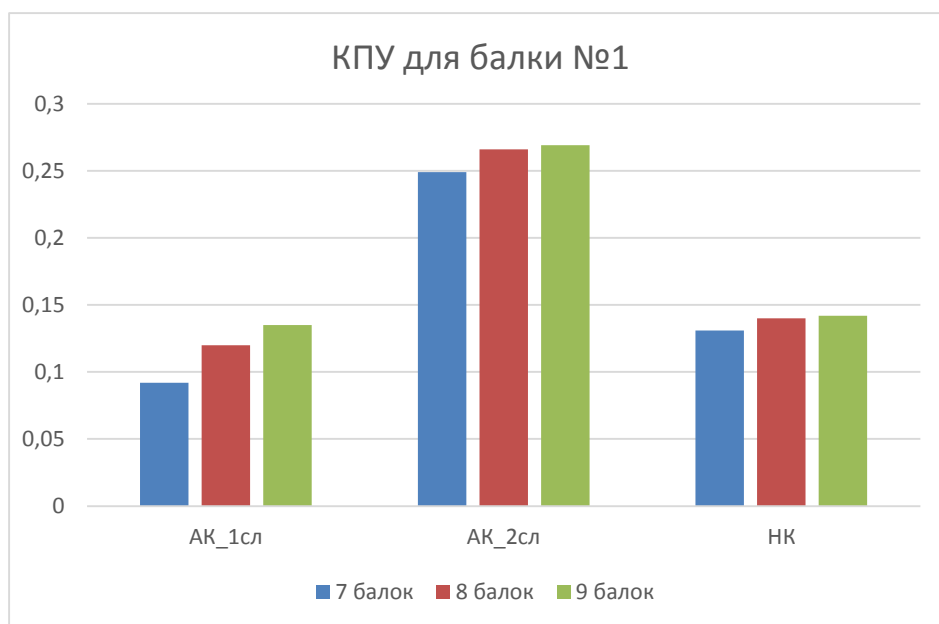


Рисунок 4. Изменение КПУ для балки №1

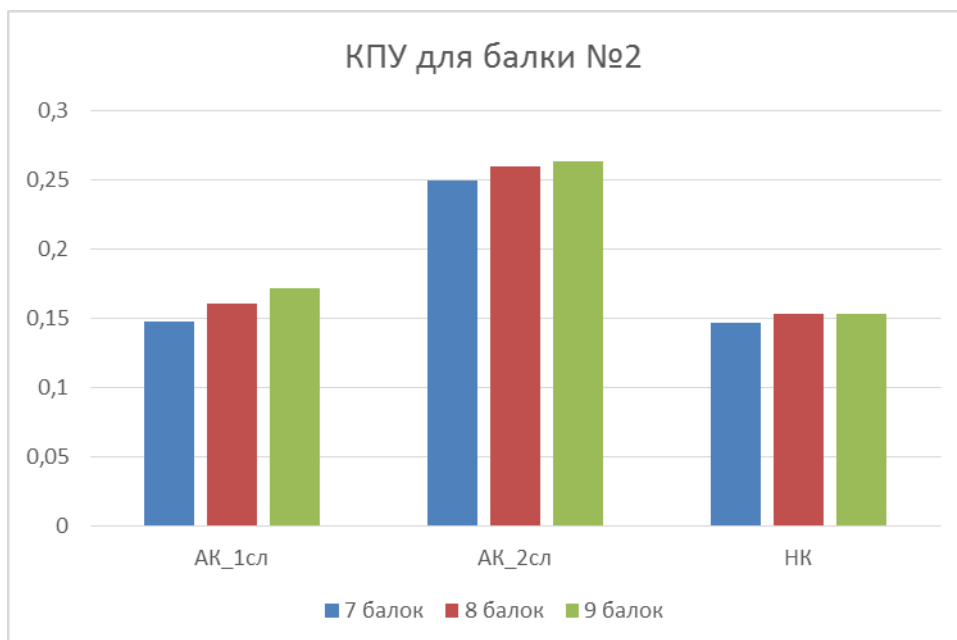


Рисунок 5. Изменение КПУ для балки №2

Результаты вычислений расчётных изгибающих моментов показаны в таблице 9.

Таблица 8

Сравнение КПУ для различных схем метода упругих опор

Вид схемы метода упругих опор	Балка №1			Балка №2		
	AK_1сл	AK_2сл	НК	AK_1сл	AK_2сл	НК
7 балок	0,092	0,249	0,131	0,148	0,249	0,147
8 балок	0,12	0,266	0,14	0,161	0,26	0,153
9 балок	0,135	0,269	0,142	0,172	0,263	0,153
Увеличение точности	46,74%	8,03%	8,40%	16,22%	5,62%	4,08%

Таблица 9

Сравнение расчётных моментов  $M_p$  (кН·м) для различных схем метода упругих опор

Название	Балка №1			Балка №2		
	AK_1сл	AK_2сл	НК	AK_1сл	AK_2сл	НК
7 балок	192,02	373,56	303,52	304,41	421,19	377,76
8 балок	224,4	393,21	318,49	319,43	433,91	387,74
9 балок	241,74	396,69	321,81	332,15	437,38	387,74
Увеличение точности	25,89%	6,19%	6,03%	9,11%	3,84%	2,64%

Из таблиц 8 и 9 и на рисунках 4 и 5 видно, что с увеличением числа

учитываемых балок в схеме метода упругих опор увеличиваются значения КПУ и изгибающие моменты  $M$  (кН·м) в балках.

Так для расчётного случая для балки №2 при загрузке нагрузкой АК (2 случай) значения КПУ увеличиваются на 5,62%, а значения расчётных изгибающих моментов  $M_p$  (кН·м) на 3,84%.

В тоже самое время для балки №1 при загрузке нагрузкой АК (1 случай) значения КПУ увеличиваются на 46,74%, а значения расчётных изгибающих моментов  $M_p$  (кН·м) на 25,89%.

#### Библиографический список

1. Осипов В. С. Справочные таблицы для расчета неразрезных балок на упруго оседающих опорах. М.: ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И АРХИТЕКТУРЕ, 1953. – 121 с.

2. Поливанов Н. И. Проектирование и расчет железобетонных и металлических автодорожных мостов. М.: Транспорт, 1970. – 511 с.

3. Российский В. А. Примеры проектирования сборных железобетонных мостов. 2-е издание. учеб. пособие. М.: Высшая школа, 1970. – 517 с.

4. Семенец Л. В. Пространственные расчеты плитных мостов. К.: Вища школа, 1976. – 160 с.

УДК 699.841

### **Поваренко А. Ю. Повышение сейсмоустойчивости кирпичного здания на примере гостиницы в городе Абакане**

Increase in seismostability of the brick building on the example of hotel in the city of  
Abakan

**Поваренко А.Ю. Логинова Е.В.**  
Хакасский Технический Институт –  
филиал Сибирского Федерального Университета, г. Абакан  
**Povarenko A.Y., Loginova E.V.**  
Khakass Technical Institute

**Аннотация:** До 1982 года (официально принят СП 14.13330.2011 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81[1]) проектировщики не использовали СП 14.13330.2011 [1] для ведения расчетов и в связи с этим возрастает опасность потери прочности, жесткости и устойчивости основных несущих конструкций. Объекты, возведенные в 1982 года и ранее, на сегодняшний день имеют зачастую значительный моральный и физический износ, устаревшие объемно-планировочные решения, и при проектировании и возведении зданий не учитывалась сейсмическая нагрузка. Статья, направлена на оптимизацию конструктивных и теплозащитных решений в проектировании узлов при реконструкции в условиях сейсмического воздействия на примере одной из гостиниц в городе Абакане.

**Ключевые слова:** сейсмика, гостиница, установка сердечника, моральный износ, физический износ.

**Abstract:** Till 1982 (it is officially accepted by the joint venture 14.13330.2011 Construction in seismic countries. The staticized editorial office Construction Norms and Regulations II-7-81[1]) designers didn't use the joint venture 14.13330.2011 [1] for conducting calculations and in this regard danger of loss of durability, rigidity and stability of the main bearing designs increases. The objects built in 1982 and earlier, today have often considerable moral and physical wear, outdated space-planning decisions, and at design and construction of buildings seismic loading wasn't considered. Article, is directed to optimization of constructive and heat-shielding decisions in design of knots at reconstruction in the conditions of seismic influence on the example of one of hotels in the city of Abakan.

**Keywords:** seismicity, hotel, installation of the core, obsolescence, physical wear.

С течением времени любой объект капитального строительства подвергается моральному и физическому износу и это так же касается гостиницы, которые были построены в 1955х годах, и позже.

Моральный износ заключается в том, что гостиничные номера, построенные в 1955 году, стали не комфортными (дизайн номеров серый, ванны комнаты находятся на этаже и т.д.). На сегодняшний момент собственник, одной из гостиниц Республики Хакасия решил на исправление и исключение всех неудобств, проживающих в своей гостинице.

Исследуемое здание гостиницы – трёхэтажное здание, первая очередь введена в эксплуатацию в 1955 году (согласно техническому паспорту). Наружные стены и столбы выполнены из обыкновенного керамического кирпича. Анализируемая часть имеет полы первого этажа по грунту (рисунок 1).

В процессе обследования гостиницы выявлено, что перекрытие дощатое по деревянным балкам, такое перекрытие не соответствует сейсмобезопасности [1]. При этом устройство такого перекрытия не допускает эксплуатации третьего этажа. В связи с этим было решено начать частичную реконструкцию гостиницы, заключающуюся в поэтапной реконструкции номеров по этажам.

При ведении реконструкции в наружной стене здания (рисунок 5) были обнаружены колодцевые кладки (рисунок 2), в период визуального обследования — это невозможно было выявить. Подобные колодцевые кладки не соответствуют сейсмобезопасности, в результате было решено пустоты колодцевой кладки заполнить монолитными сердечниками (рисунок 8), находящимся в тех местах где, расположены балки. И кроме того, что структура колодцевых кладок была нарушена, необходимо было найти решение по увеличению теплозащитных характеристик ограждающей конструкции, соответствующих СП 50.13330. 2012 [2].

При установке сердечника каркаса (рисунок 3) необходимо его армирование с антисейсмическим поясом, создавая жесткий диск, что способствует уменьшению вероятности обрушения наружной стены при землетрясениях. После устройства (рисунок 4) монолитных сердечников, выполняется подготовка и бетонирование нового перекрытия 2 этажа. Аналогичные работы проводятся на 3ем этаже.

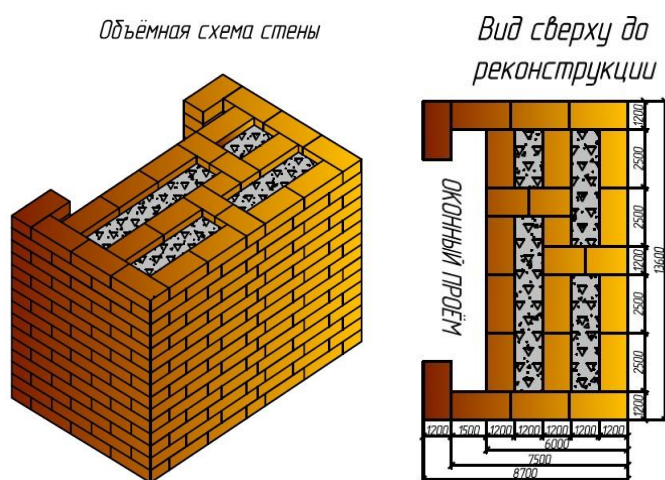


Рисунок 2. Схема колодцевой кладки в наружной стене (до реконструкции)

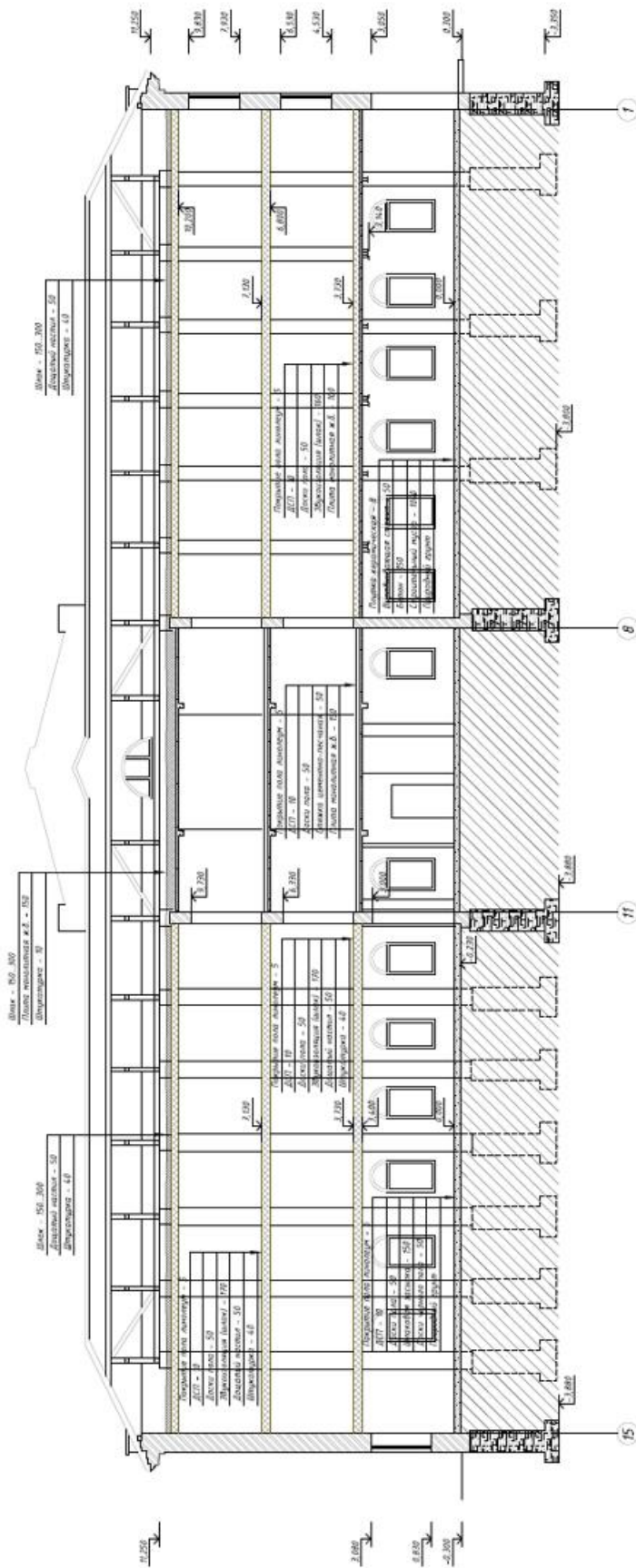


Рисунок 1. Полы по грунту



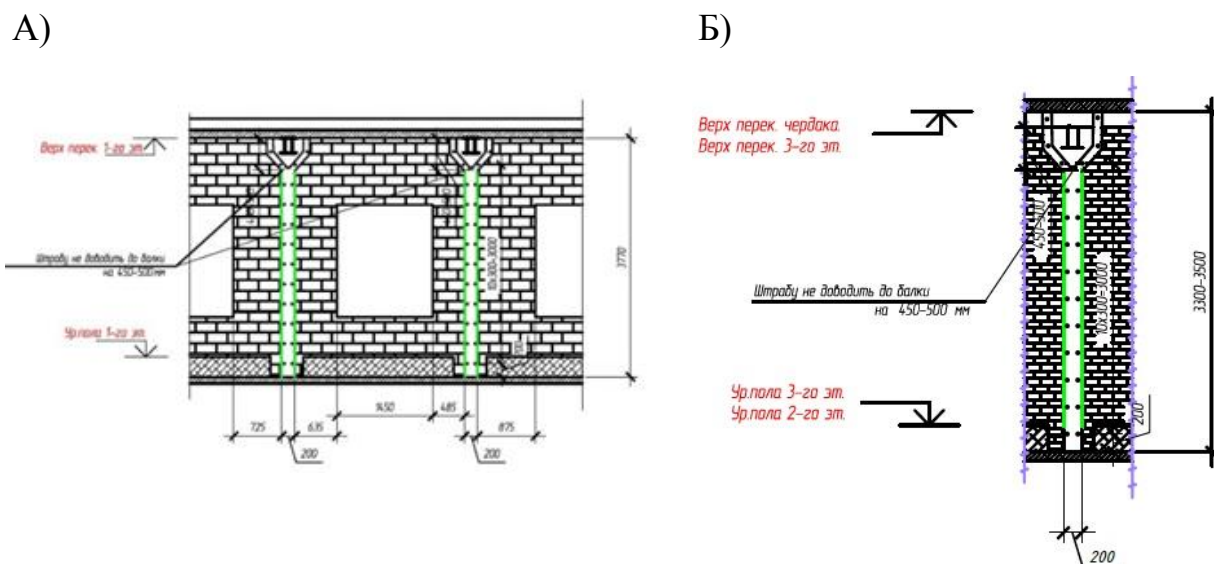


Рисунок 3. Фрагмент расположения каркасов сердечников в кирпичной стене

- А) Усиление каменной кладки арматурными каркасами-сердечниками;
- Б) Схема расположения сердечников в каменной конструкции по фасаду.

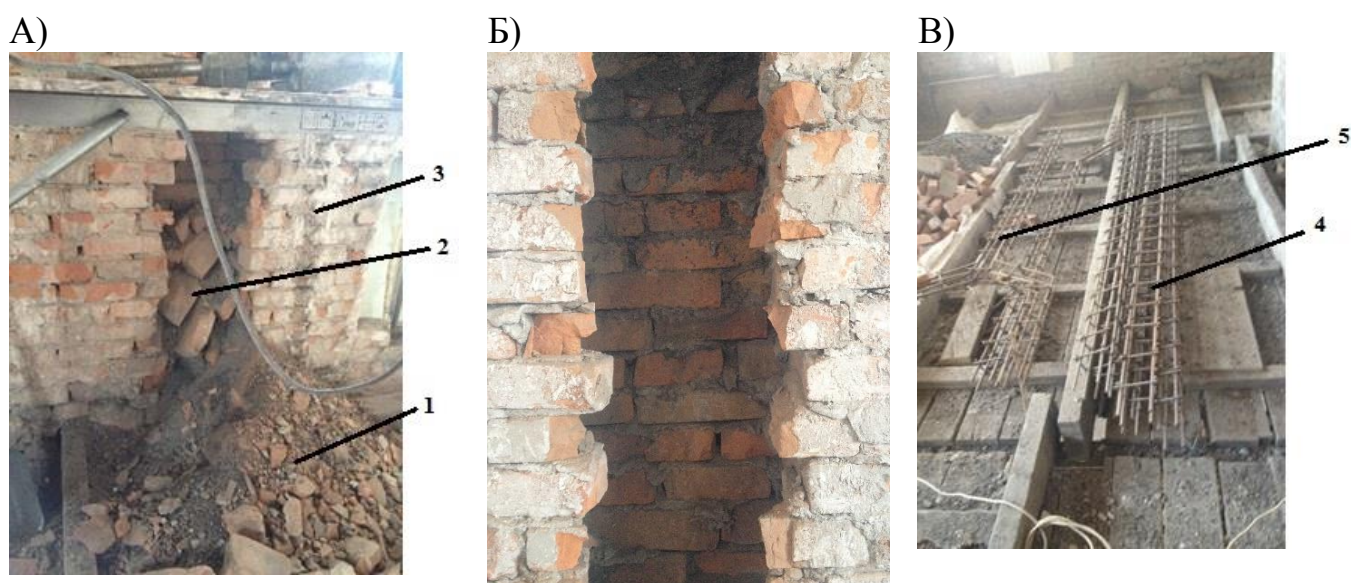


Рисунок 4. Устройство сердечников и монолитных дисков перекрытий

- А) Заполнитель колодцевой кладки;
- Б) Штроба под сердечник;
- В) Арматурные каркасы усиления

1 – Шлак; 2 – Внутренний кирпич перевязки кирпичной кладки; 3 – Наружная верта кладки; 4 – Каркас, который устанавливается в фасадной части кирпичной

кладки; 5 – Каркас, который устанавливается в угловой части стены

Выше было сказано, что задачей исследования является повышение теплозащиты ограждающей конструкции. Для этого проведены подготовительные работы для испытания, результаты которых будут оценены при отрицательной температуре с помощью тепловизора. Подготовка заключается в том, что были выбраны 2 сердечника, из которых один был обработан теплоизоляционной краской «Корунд», а также один из сердечников, был изолирован монтажной пеной «Полиуретан». Контрольный сердечник ничем не был обработан (рисунок 5, 6).

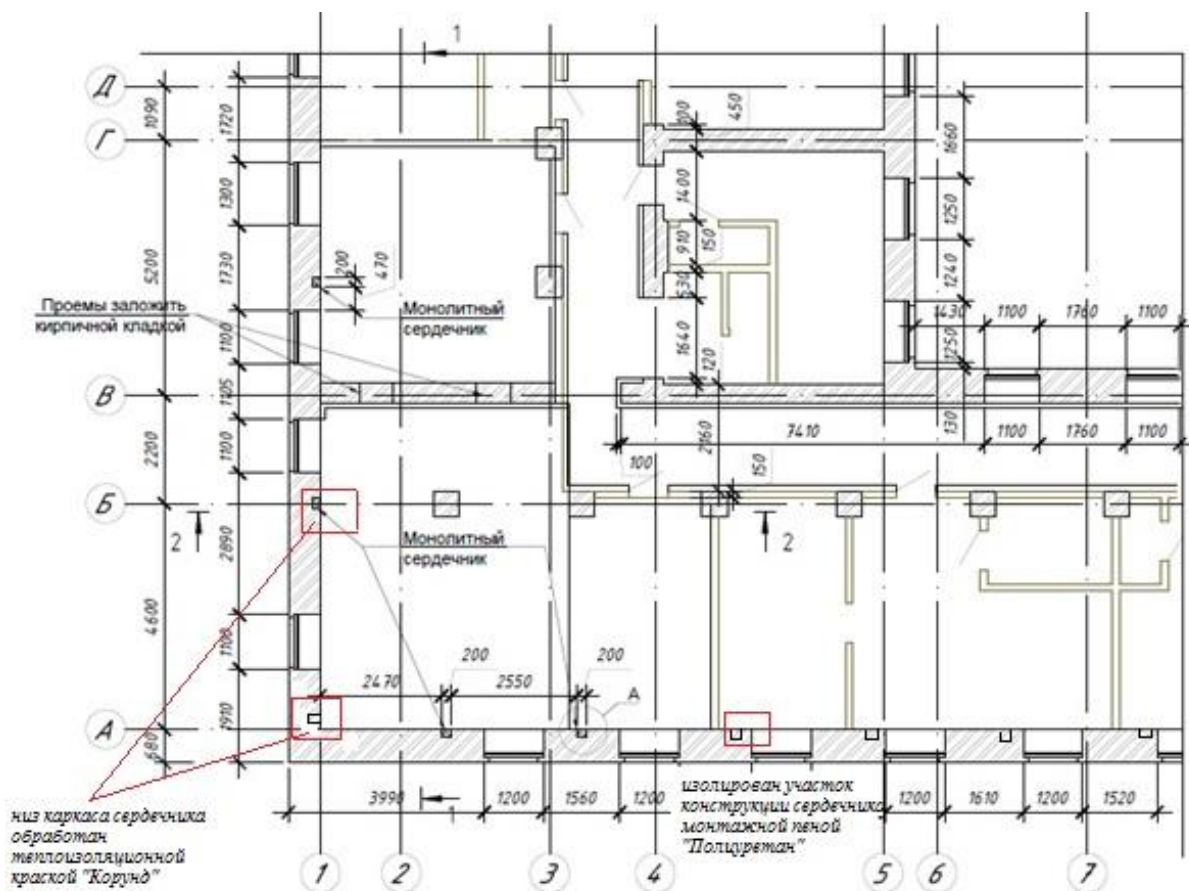


Рисунок 5. Схема расположения сердечников, пустот колодезной кладки



А)



Б)



Рисунок 6. Обработка сердечников теплоизоляционной краской «Корунд»

А) Угловой узел; Б) Фасадный узел со стороны помещения

Так как была нарушена целостность наружной стены, и при вскрытии было обнаружено что кирпичная стена выполнена в два ряда колодцевой кладки (рисунок 2), то было решено проделать в стене отверстия, через которые пропустить анкера (примерно диаметром 22) (рисунок 7), которые будут закреплены в помещении с каркасом сердечника, а с наружной стороны фасада шпильками, такое решение создаст целостность и обеспечит совместную работу сердечника, стены и чердачной плиты.

Проведенные мероприятия позволяют обеспечить эффективную и безопасную работу системы конструкции во время сейсмического воздействия.

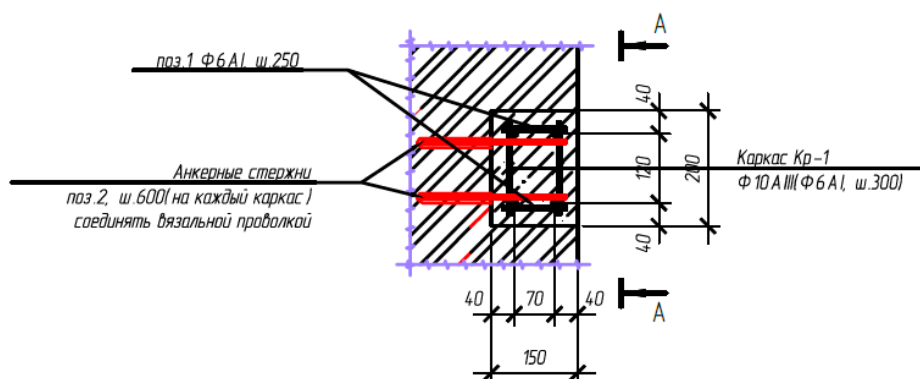


Рисунок 7. Схема расположения анкерных стержней

### Библиографический список

1. СП 14.13330.2011 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81 – Введ. 20.05.2011 – Москва: ОАО ЦПП, 2011. – 167 с.
2. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 – Введ. 01.07.2013 – Москва: ОАО ЦПП, 2012. – 139 с.

# СЕКЦИЯ 3. ИННОВАЦИИ И РАЗРАБОТКИ В МАШИНО- И ПРИБОРОСТРОЕНИИ

УДК 621.87

## Мухаммадиев С.В. Проектирование мостового крана в программном комплексе APM Structure3D

Design of the bridge crane in the software package APM Structure3D

**Мухаммадиев С.В.**

Томский государственный  
архитектурно-строительный университет, г. Томск

**Muchammadiev S.V.**

Tomsk State University  
of Architecture and Construction, Tomsk

**Аннотация:** Целью статьи является усовершенствование конструкции мостового крана с помощью программного обеспечения APM Structure3D. К методу исследования относятся: проектирование модели крана в трехмерном пространстве, разбиение на конечные элементы, и выполнение команды «выполнить расчет». Результатами исследования являются построение расчетной схемы мостового крана в программе APM Structure3D и карты результатов расчета коэффициента запаса прочности конструкции мостового крана, карты результатов расчета на максимальные смещения элементов мостового крана, карты результатов расчета на напряженно-деформированное состояние конструкции мостового крана и карты результатов расчета на нагруженное состояние конструкции мостового крана. Выводом из всех приведенных расчетов является: проектирование расчетной схемы мостового крана по заданным параметрам, загрузка пластинчатой конструкции, модель мостового крана воспринимаемой нагрузки от собственного веса и приложенной к площади пластины  $0,0647 \text{ Н/мм}^2$ , выполнение статического расчета конструкции на несущую способность с получением карт результатов, при коэффициенте запаса прочности равной 3,347.

**Ключевые слова:** Карта расчета, программный комплекс APM Structure3D, мостовой кран.

**Abstract:** The aim of the article is to improve the design of the bridge crane using APM Structure3D software. On the method of study include: the design of the crane model in three-dimensional space, splitting into finite elements, and the command «to perform the calculation». The results of the study are to build a design scheme of the bridge crane in the program APM Structure3D and maps the results of calculation of safety factor design of the bridge crane, map the results based on the maximum displacement of the elements of the bridge crane, the results of calculation cards on the stress-strain state of the construction of the bridge crane and map the results of calculations on the loaded state of the structure of the bridge crane. The conclusion from all the above calculations is: the design of the design scheme of the bridge crane on the set parameters, uploading plate design, overhead crane model of the load of its own weight and applied to the area of the plate  $0.0647 \text{ N / mm}^2$ , perform static analysis on the design of load-bearing capacity with access cards results, with safety factor equal to 3.347.

**Keywords:** payment cards, software package APM Structure3D, overhead crane.

В наш век современных технологий стало невозможным создание конструктивное, качественное и надежное оборудование. Для этого мы используем всесторонний инженерный анализ в компьютерных технологиях, на основе которых можно принять грамотное конструктивное решение, планированного оборудования. При переменных и постоянных режимах внешнего напряжения проводят исследование характеристик устойчивости, динамических характеристик, а также моделей проектируемых конструкций на напряженно-деформированное состояние. Все это является инженерным анализом.

В данной работе была запроектирована и рассчитана конструкция мостового крана с грузоподъемностью 10 т. Для этого я воспользовался программным комплексом APM Structure3D [3, с. 56].

Повышение качества конструкции или механического оборудования позволяет программный комплекс APM Structure3D. Их необходимо связать в расчете для уменьшения стоимости, веса и повышением надежности, а также других характеристик. На сегодняшний день является проблемой в процессе проектирования сочетание двух взаимоисключающих тенденций: обеспечение требуемых прочностных характеристик конструкции, с одной стороны, и экономии материала, с другой.

Метод конечных элементов (МКЭ), является наиболее эффективным для приближенного решения такого класса задач. Чтобы конечно-элементный анализ был полноценный, необходимо:

В трехмерном пространстве изобразить модель проектируемого пространства. Геометрическая модель, в котором мы находимся, материального мира, также является трехмерным пространством. Потому-что в нем присутствует три измерения: ширина, длина и высота, которые и являются ортогональными единичными векторами, описывающими трехмерное пространство.

Провести разбиение на конечные элементы модель.

Выполнить необходимых вычислений весь комплекс.

Принять правильное конструктивное решение, благодаря полученным результатам и их визуализации.

В таких широко распространенных и известных, обеспечивающих прочностной расчет моделей конструкций, программных продуктах, как NASTRAN, COSMOS, ANSYS и некоторых других реализован МКЭ. С помощью модуля конечно-элементного анализа APM WinMachine (АПМ – Автоматизированное проектирование машин), мы будем решать поставленные задачи. [4, с. 67].

В следующем заключается ключевая идея МКЭ: (конструкция в целом), сплошная среда заменяется дискретной путем разбиения ее на (конечные элементы), области, описывается с помощью отдельного набора функций, в каждой из которых поведение среды, представляющих собой перемещения и напряжения в указанной области. Узлами соединяются конечные элементы. Только через узлы осуществляется взаимодействие конечных элементов друг с другом. Все многообразие конструкций и деталей позволяют адекватно описать конечные элементы, в зависимости от конструкции объекта, расположенные определенным образом и закрепленные в соответствии с граничными условиями.

(Распределенные и сосредоточенные силы и моменты), внешние нагрузки, носят название узловых нагрузок, которые приводятся к узлам данного элемента, могут быть приложены к конечному элементу.

Конструкции в целом, если она состоит только из стержневых элементов и перемещения узлов данного конечного элемента определяется в начале при расчетах методом конечных элементов. Перемещениям в узлах элемента пропорциональны величины внутренних усилий в элементе. Матрица жесткости элемента, количество столбцов (и строк), которой равно произведению числа узлов элемента на число степеней свободы в узле, выступает, как коэффициентом пропорциональности. На основе его узловых

перемещений вычисляются, внутренние нагрузки в узлах и напряжения в самом конечном элементе, все остальные параметры конечного элемента.

Основными типами применяемых на практике конечных элементов являются:

Расчетная схема мостового крана, спроектированная в трехмерном пространстве системы автоматизированного проектирования APM Structure 3D:

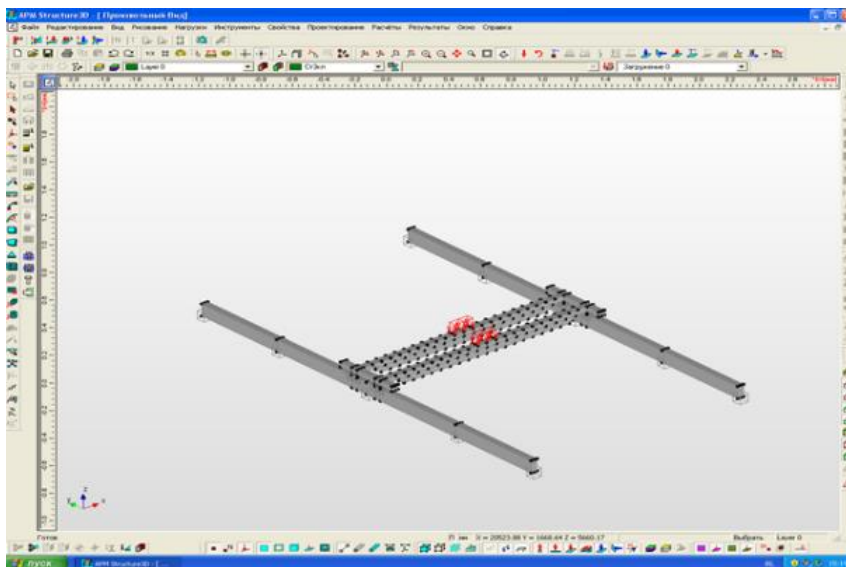


Рисунок 1. Общий вид мостового крана в программе APM Structure 3D

Для расчета были использованы следующие данные:

Таблица 1

#### Расчетные данные

Название	Модуль Юнга [Н/мм <sup>2</sup> ]	Коэф. Пуассона	Плотность [кг/кб.мм]	Коэф. температурного расширения [°C]	Коэф. теплопроводности [Вт/(°C*мм)]
СтЗкп	210000	0.30	7.8e-006	1.2e-005	0.055

Максимальное напряжение 114.7 Н/мм<sup>2</sup> (Slab 137) (Загрузка 0) [1, с. 28], [2, с 20], [6, с 52].

По итогу расчета общая масса конструкции равна 7084,645 кг. [5, с 75].

В результате расчета получается следующие карты:

1. Карта результатов расчета коэффициента запаса прочности конструкции мостового крана.

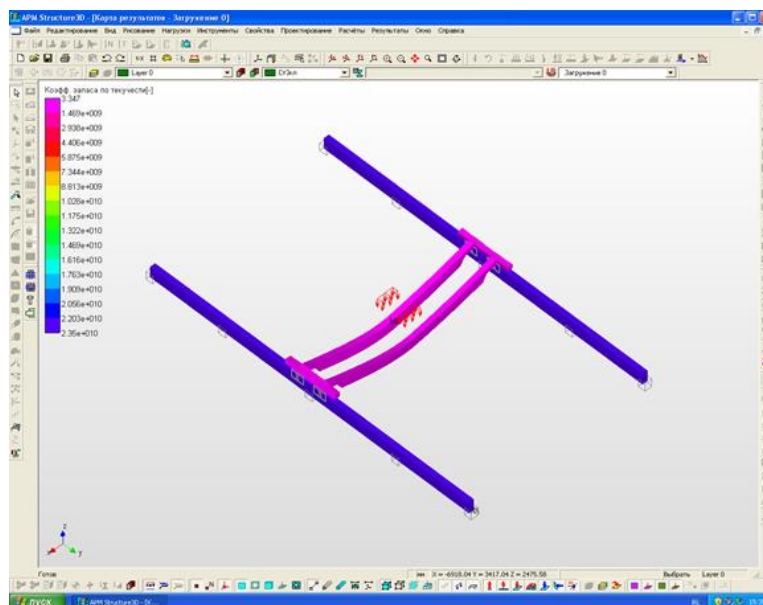


Рисунок 2. Изображение коэффициента запаса прочности конструкции мостового крана

2. Карта результатов расчета на максимальные смещения элементов мостового крана.

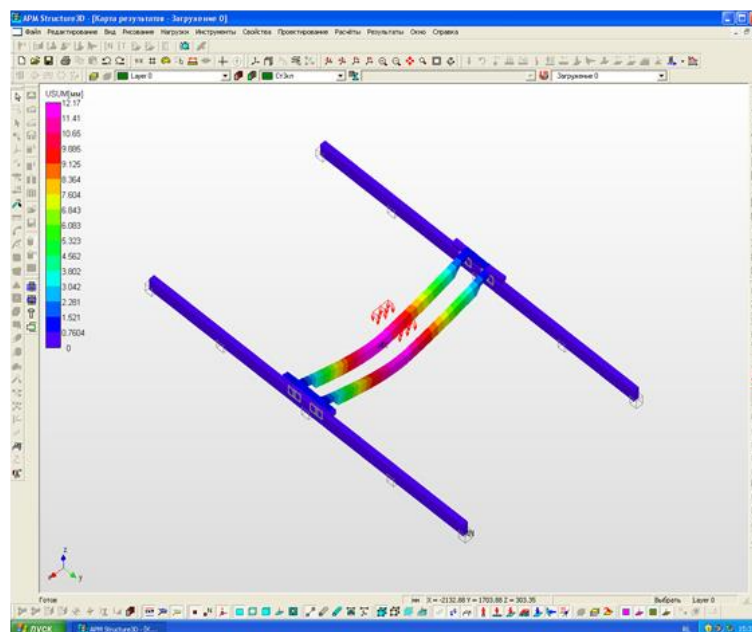


Рисунок 3. Расчет максимальных смещений элементов мостового крана

3. Карта результатов расчета на напряженно-деформированное состояние конструкции мостового крана.



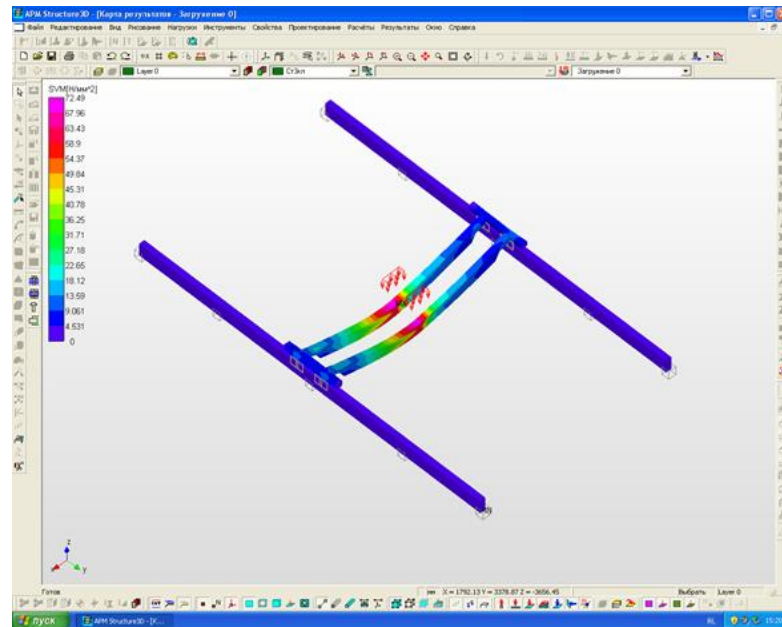


Рисунок 4. Расчет на напряженно-деформированное состояние конструкции мостового крана

4. Карта результатов расчета на нагруженное состояние конструкции мостового крана.

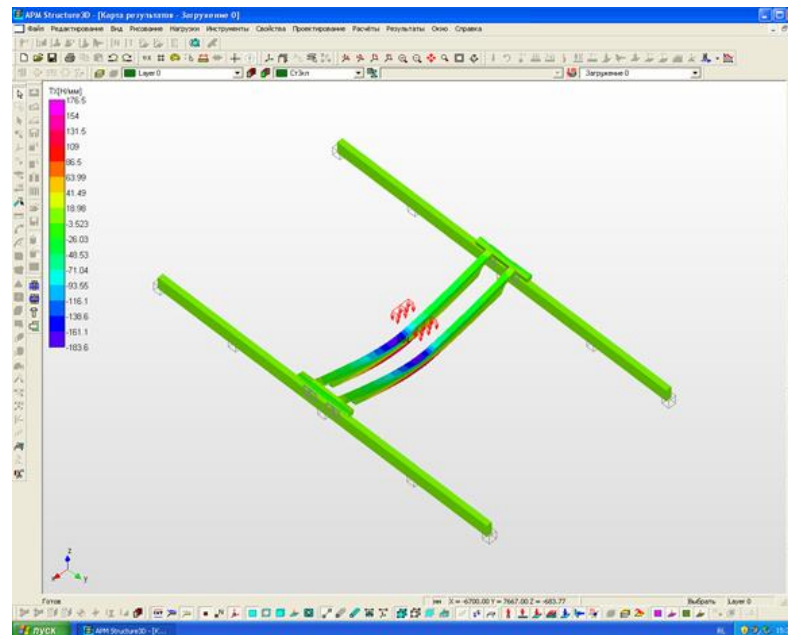


Рисунок 5. Результат расчета на нагруженное состояние конструкции мостового крана

На основании вышеуказанного расчета я сделал следующие выводы:

1. Спроектировали расчетную схему мостового крана по заданным



параметрам.

2. Нагрузили пластинчатую конструкцию : модель мостового крана воспринимает нагрузки от собственного веса и приложенной к площади пластины  $0,0647 \text{ Н/мм}^2$ .

3. Выполнили статический расчет конструкции на несущую способность с получением карт результатов, при коэффициенте запаса прочности равной 3,347 (показано на рис. 2).

#### Библиографический список

1. Вайнсон А. А. Подъемно-транспортные машины. - М.: Машиностроение, 1989 г. – 536 с.

2. Вайнсон А. А. Подъемно-транспортные машины строительной промышленности. Атлас конструкций. - М.: Машиностроение, 1976 г. –136 с.

3. Замрий А.А. Проектирование и расчёт методом конечных элементов трёхмерных конструкций в среде APM Structure3D. - М.: АПМ, 2006. - 288 с.

4. Замрий А.А. Практический учебный курс. CAD/CAE система APM WinMachine. Учебно-методическое пособие - М.: АПМ. 2007. - 136 с.

5. Кузьмин А.В., Марон Ф.Л. Справочник по расчётам механизмов подъёмно- транспортных машин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Мн.: Выш. Шк., 1983. - 350 с.

6. Справочник по кранам: В 2 т. Т. 1. Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчёта кранов, их приводов и металлических конструкций/ В. И. Брауде, М. М. Гохберг, И. Е. Звягин и др. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 536 с, с. 52-59.

## **Сосновская А.В. Мобильный комплекс наземных электрических испытаний малых космических аппаратов**

Mobile complex ground electrical test small satellites

**Сосновская А.В.**

Институт космических и информационных технологий  
Сибирский Федеральный университет, г. Красноярск

**Sosnovskaya A.V.**

Institute of Space and Information Technologies  
Siberian Federal University, Krasnoyarsk

**Аннотация:** Одним из наиболее перспективных направлений современного спутникостроения является создание малых космических аппаратов. Малые космические спутники доказали свою эффективность, сохраняя при этом более низкую стоимость разработки. Как и любые сложные технические системы, они подвергаются различным видам испытаний, в том числе и электрическим. Чтобы обеспечить возможность проведения электрических испытаний как на заводе-изготовителе, так и на космодроме, актуальной задачей является создание мобильного комплекса наземных электрических испытаний малых космических аппаратов.

**Ключевые слова:** малые спутники; малые космические аппараты; наземные испытания; электрические испытания.

**Abstract:** One of the most promising areas of modern satellite-is the creation of small spacecraft. Small satellites have proved their efficiency, while maintaining a low cost of development. As with any complex technical system, they are subjected to various types of tests, including electrical. To be able to conduct electrical tests both at the factory and at the launch site, an urgent task is to create a set of mobile ground electrical test small satellites.

**Keywords:** small satellites; small spacecraft; ground tests; electrical tests.

### Введение

В современной космической отрасли сфера малых космических аппаратов быстро развивается и находит всё большее распространение и применение. В настоящее время одним из важнейших направлений является создание малых спутников, так как они доказали свою эффективность, сохраняя при этом более низкую стоимость разработки.

Как и любая сложная техническая система, малый космический аппарат в процессе создания подвергается различным видам испытаний, в том числе и электрическим, то есть проверкам всех электрических соединений между приборами, подсистемами.

На данный момент электрические испытания малых спутников

проводятся только на заводах-изготовителях на стационарном испытательном оборудовании. Поэтому возникает необходимость разработки мобильного комплекса наземных электрических испытаний малых космических аппаратов.

### **Малые космические аппараты**

Малые спутники – это узкоспециализированные аппараты. Как правило, они имеют монофункциональную целевую аппаратуру, негерметичную конструкцию корпуса, компактные солнечные батареи, минимум резервирующих элементов. В их производстве используются новейшие конструкционные материалы и достижения микроэлектроники. Для спутников дистанционного зондирования Земли применяются сложные, но компактные оптические схемы. Благодаря всему перечисленному такие аппараты могут иметь небольшие размеры и вес.

#### **1.1 Преимущества малых спутников**

С точки зрения разработки, создания и запуска спутника малая масса обеспечивает ряд преимуществ экономического характера.

1.1.1 Рентабельный запуск. Вывод спутника на орбиту требует значительной части средств от общей стоимости проекта. Цена рассчитывается исходя из высоты орбиты, веса спутника, стоимости ракеты-носителя (этот параметр зависит не только от класса: тяжелые, средние и легкие ракеты-носители, но и от страны-изготовителя), а также общей мировой конъюнктуры стоимости пусков в конкретном году. Вывод аппаратов малой массы осуществляется на низкие орбиты с помощью более дешевых средств легкого или среднего класса, в том числе российских конверсионных ракет, предназначенных для утилизации путем запуска с полезной нагрузкой. Кроме того, малые спутники запускаются не поодиночке, а целой группой – «кластерный запуск», что удешевляет себестоимость запуска одного аппарата.

1.1.2 Сжатые сроки создания (1-3 года вместо 5-10 лет). Сокращение производственного цикла связано с узкой специализацией спутника, использованием серийных компонентов, унифицированных платформ,

сокращением объемов документации, традиционных конструкторских и технологических требований к разработке, созданию, запуску и эксплуатации. Сжатые сроки создания способствуют скорейшему возврату инвестиций.

1.1.3 Ценовая привлекательность. Процесс создания малого спутника, предназначенного для решения серьезных профессиональных задач, таких как дистанционное зондирование Земли, нельзя назвать дешевым, а скорее недорогим. Тем не менее, цена аналогичного большого спутника оказывается в разы больше. [2]

### **Мобильный комплекс наземных электрических испытаний**

Суть процесса испытаний сводится к следующей схеме, представленной на рисунке 1: на объект контроля через различные интерфейсы подаются команды управления, изменяющие логику его работы. В результате формируются параметры и отчеты, отражающие состояние объекта контроля.

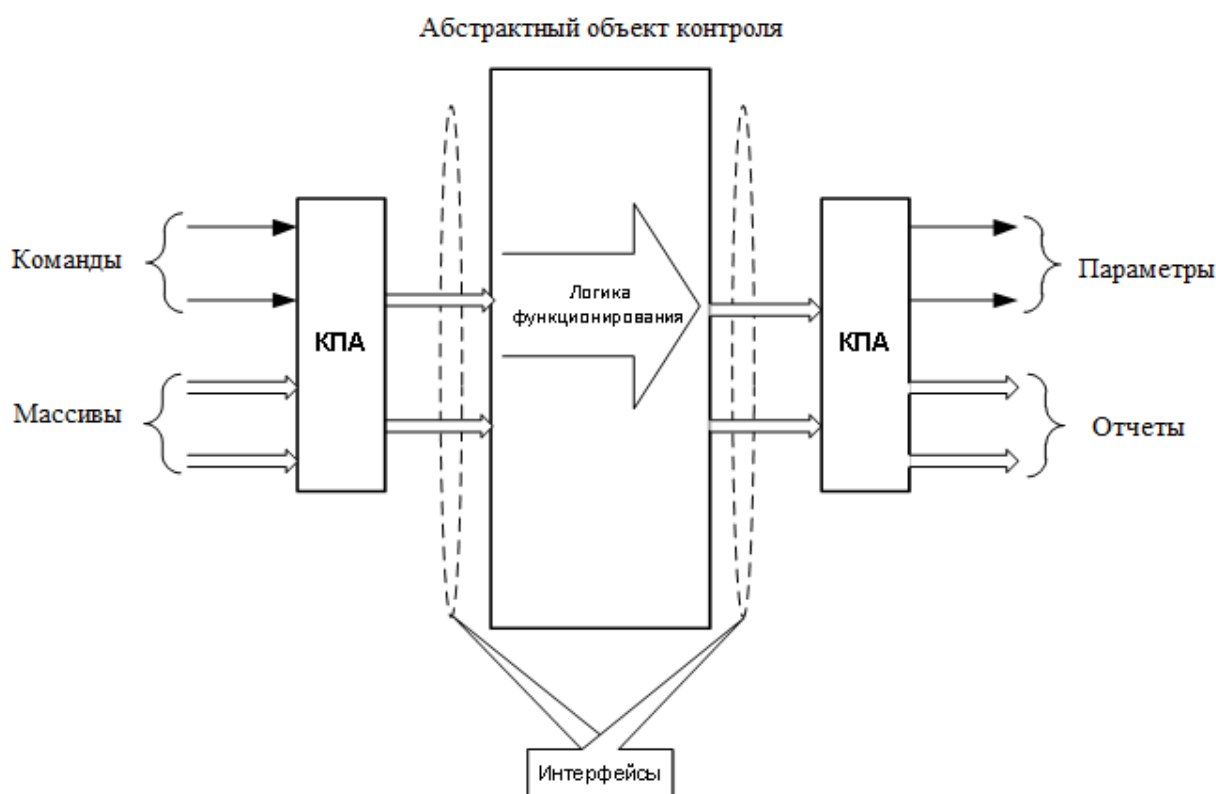


Рисунок 1. Схема проведения испытаний объекта контроля  
(КПА – контрольно-проверочная аппаратура)

В соответствии с логикой испытаний в рамках создания мобильного комплекса потребуется реализация следующих функций:

- измерение сопротивления и напряжения постоянного тока;
- формирование команд управления (токовых сигналов);
- анализ состояний датчиков дискретных сигналов;
- работа по интерфейсам МКО, SpaceWire и др.

Программное обеспечение мобильного комплекса должно состоять из следующих компонент:

- общесистемное программное обеспечение (ОПО), управляющее работой персонального компьютера и запускаемых на нем приложений;
- специальное программное обеспечение (СПО), управляющее процессом испытаний;
- технологическое программное обеспечение (ТПО), включающее в себя программы автономных проверок испытательного комплекса.

Программное обеспечение должно быть унифицированным и не зависеть от конфигурации комплекса. Для настройки под конкретную конфигурацию программное обеспечение должно быть построено по модульному принципу и иметь в своем составе инсталляционные файлы.

### **Выводы**

Создание мобильного комплекса электрических испытаний малых спутников является актуальным для производителей подобных космических аппаратов, так как существенными преимуществами такого комплекса станут компактность и возможность проведения электроиспытаний не только на площадке завода-изготовителя, но и на полигонах запуска.

### **Библиографический список**

1. Александровская Л.Н. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: учебное пособие. М.: Логос, 2003. 733 с.

2. Зинченко О.Н. Малые оптические спутники ДЗЗ. URL: <http://www.racurs.ru/?page=710>.

3. Макриденко Л.А., Боярчук К.А. Микроспутники. Тенденции развития. Особенности рынка и социальное значение. // Журнал «Вопросы электромеханики». - 2005.- т.102. – с. 12-27.

4. Овчинников М.Ю. Малые мира сего // Журнал «Компьютера». - 2007.- № 15.

УДК 608

## **Токарева О.А. Исследование зависимости площади срезаемых слоев от главного угла в плане у фрез**

Study of the dependence area when cutting layers of a milling cutter from of the entering angle

**Токарева О.А.**, студент  
**Токарев А.С.**, научный руководитель,  
старший преподаватель кафедры Технологии машиностроения  
Трехгорный технологический институт  
Национальный исследовательский  
ядерный университет Московского  
инженерно-физического института, г. Трехгорный

**Tokareva O.A.**, student  
**Tokarev A.S.**, research supervisor,  
senior lecturer department  
of Technology of mechanical engineering  
of Trekhgorny Technological Institute, National Research Nuclear University MEPHI  
Moscow Engineering Physics Institute, Trekhgorny

**Аннотация:** Цель исследования заключается в разработке математических моделей, которые позволят увеличить точность обработки отверстий концевыми фрезами. При исследовании использовались анализируемый, моделируемый, системный методы.

За время работы были изучены режимы резания, типы фрез и пластин. Затем была выбрана концевая фреза с треугольными, ромбовидными и квадратными пластинами и углами  $45^\circ, 65^\circ, 90^\circ$ . И в программе «Компас 3D V 16» были построены модели формообразования срезаемых слоев каждым лезвием. Так же представлена зависимость переднего угла в плане фрезы от срезаемых слоев.

Представление математических моделей для фрез с пластинами ускорит выбор оптимального режима резания и режущего инструмента, а так же выбор скорости подачи и шаг на каждый зуб. Так как представленные ранее математические модели для стандартных фрез не подходят для фрез со сменными пластинами

**Ключевые слова:** фреза, режимы резания, режущий инструмент, математические

модели, обработка.

**Abstract:** The purpose of the article is to develop mathematical models that will increase the accuracy of machining holes end mills. In the study we used analyzed, modeled, systematic methods.

During the work were studied the cutting conditions, the types of milling cutter and the plate. Then, milling cutter was chosen with triangular, diamond-shaped and square plates and angles of 45°, 65°, 90°. The model forming when cutting layers of each blade have been built in the program «Compass 3D V 16».

Presentation of mathematical models for milling cutters with plates will accelerate selection of the optimal mode of cutting and cutting tools, as well as a selection of feed rate and step on each tooth. Mathematical models for standard cutters are not suitable for milling cutters with replaceable plates.

**Keywords:** milling cutter, cutting conditions, cutting tools, mathematical models, processing.

Фреза – инструмент с одним или несколькими режущими лезвиями (зубьями) для фрезерования.

Фрезы делятся на 2 вида:

– по геометрии (исполнению) — цилиндрические, торцевые, червячные, концевые, конические;

– по обрабатываемому материалу — дерево, сталь, чугун, нержавеющей сталь, закаленная сталь, медь, алюминий, графит.

В зависимости от конструкции и типа зубьев фрезы бывают цельные (полностью из одного материала), сварные (хвостовик и режущая часть состоит из различного материала, соединённые сваркой), напайные (с напаянными режущими элементами), сборные (из различного материала, но соединённые стандартными крепёжными элементами — винтами, болтами, гайками, клиньями).

Фрезы с пластинами делятся для торцевого фрезерования, фрезерования уступов и пазов, профильного фрезерования, фрезерование уступов, пазов и торцевое, специальное фрезерование с высокой скоростью подачи, фрезерование фасок.

Пластины – это сменная режущая часть фрезы. Виды пластин зависят от обрабатываемого материала, типа фрезы и способа крепления (напайные и механически закрепляемые), а так же от геометрии (количество углов и

кромки).

Напайные пластины используют только при изготовлении мелкогазмерных фрез. При этом широко применяются пластины трех-, четырехгазные, в форме параллелогама, реже круглые и пятигазные, негативные и позитивные по геометрическим параметрам, с отверстиями для крепления или без них. Крепление пластин осуществляется винтами или рычагами через отверстие, а также клиньями, прижимающими пластину к гнезду в корпусе или во вкладыше. Рассмотрим на отдельных примерах реализацию указанных выше направлений.

Созданы также конструкции фрез с базированием пластин во вкладыше по трем плоскостям. Такой метод конструирования фрез получил название модульно-кассетного.

Для фрезерования заготовок с большими припусками рекомендуются фрезы со ступенчатым вдоль оси расположением пластин.

Однако вследствие сложности заточки и особенно из-за отпаивания режущих пластин при нагреве (особенно на трехсторонних фрезах) все большее распространение получают фрезы с механическим креплением СМП.

Наиболее эффективным режимом резания считается такой, при котором оптимально сочетаются следующие параметры – глубина, подача и скорость резания без ухудшения точности и качества обработки.

Долговечность фрезы и качество обработки заготовки зависят от того, какой толщины слой снимается за одну проходку, то есть при каждом обороте шпинделя.

Для уточнения конкретных параметров фрезерования следует пользоваться специальными таблицами и справочными данными. Выбор инструмента главным образом это относится к его диаметру.

На сегодняшний день для выбора оптимального режима резания широко применяют математические модели, которые позволяют учитывать определенные погрешности и прогнозировать точность обработки.



Существующие математические модели учитывают очень малое количество погрешностей для обычных фрез, для фрез с пластинами математических моделей нет.

Поэтому цель исследования заключается в разработке математических моделей, которые позволят увеличить точность обработки.

Перед тем, как строить модели, нужно было изучить режимы резания, типы фрез и пластин.

На 2 этапе была выбрана концевая фреза с треугольными, ромбовидными и квадратными пластинами и углами  $45^\circ, 65^\circ, 90^\circ$ .

На 3 этапе в программе «Компас 3D V 16» были построены модели формообразования срезаемых слоев каждым лезвием.

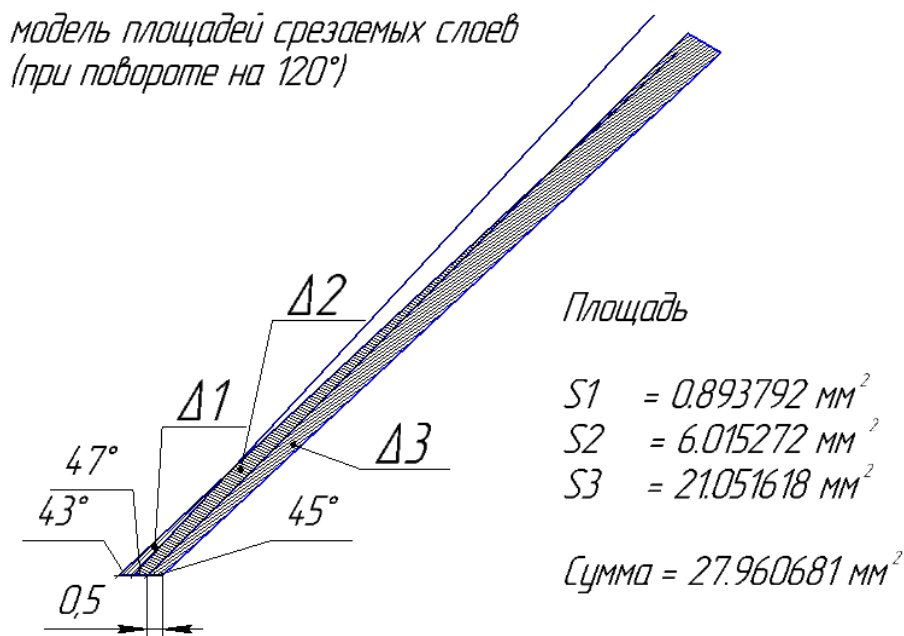


Рисунок 1. Схема формообразования срезаемых слоев концевой фрезой с углом пластин  $45^\circ$  при повороте на  $120^\circ$

модель площадей срезаемых слоев  
(при повороте на 120°)

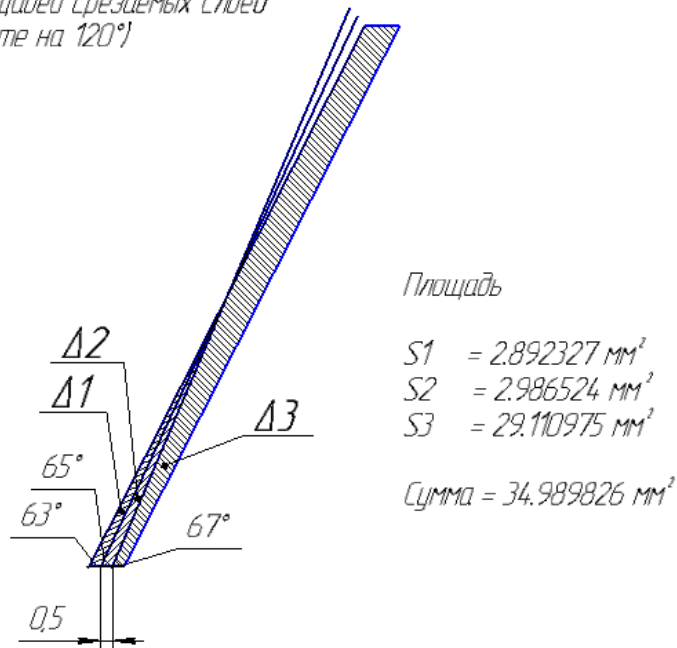


Рисунок 2. Схема формообразования срезаемых слоев концевой фрезой с углом пластин 65° при повороте на 120°

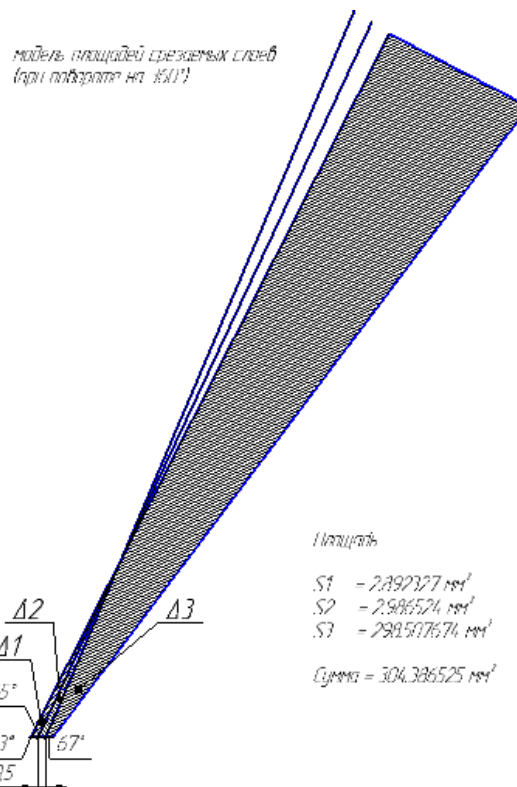


Рисунок 3. Схема формообразования срезаемых слоев концевой фрезой с углом пластин 65° при повороте на 360°

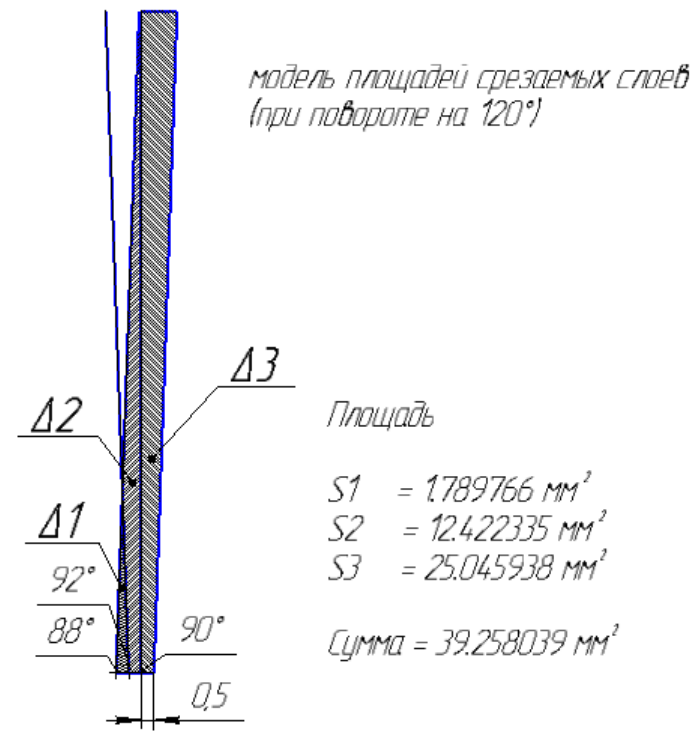


Рисунок 4. Схема формообразования срезаемых слоев  
концевой фрезой с углом пластин  $90^\circ$  при повороте на  $120^\circ$

Для выявления закономерности срезаемых слоев, была построена модель поворота фрезы на  $720^\circ$ .

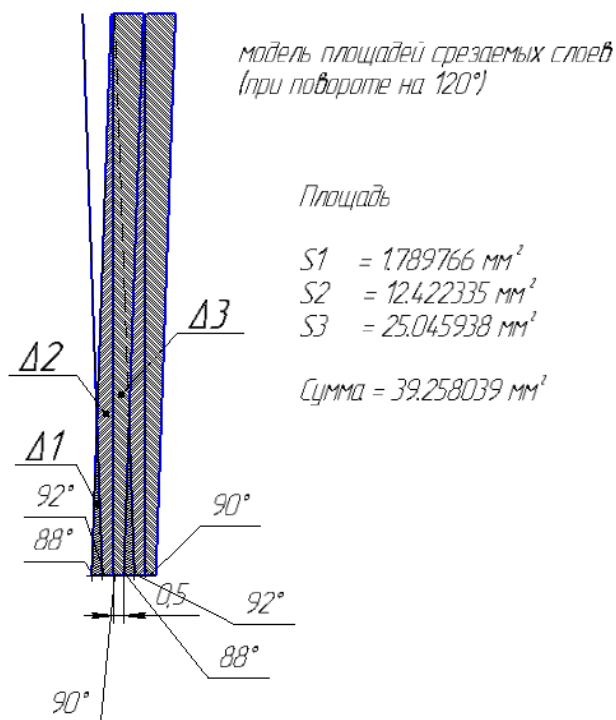


Рисунок 5. Ссхема формообразования срезаемых слоев  
концевой фрезой с углом пластин  $90^\circ$  при повороте на  $720^\circ$

Систематизированные данные, полученные при расчете площадей срезаемых слоев, в таблице позволяют увидеть существенную разницу между пластинами отличающимися углом и формой.

Таблица 1

	Пластина с углом 45°		
	120°	240°	360°
S1	0,893792	0,893792	0,893792
S2	6,015272	6,015272	6,015272
S3	21,051618	46,655088	73,396244
$\Sigma S$	27,966681	53,564151	80,305307

Таблица 2

Пластина с углом 65°			
	120°	240°	360°
S1	2,892327	2,892327	2,892327
S2	2,986524	2,986524	2,986524
S3	29,110975	64,100801	298,507674
$\Sigma S$	34,989826	69,976952	304,386525

Таблица 3

Пластина с углом 90°			
	120°	240°	360°
S1	1,789766	1,789766	1,789766
S2	12,422335	12,528361	12,256447
S3	25,045938	64,174029	102,883548
$\Sigma S$	39,258034	78,492156	116,929761

Из представленных выше данных можно сделать вывод, что площади срезаемых слоев S1, S2 при одном и то же угле, но разных поворотах фрезы повторяются. Площадь срезаемых слоев возрастает, когда проходит третье лезвие. Так же по графически представленным моделям можно заметить, что две режущие кромки фрезы работают в холостую, после своего первоначального прохода.

Если рассматривать все три пластины сразу, то появляется закономерность: чем больше угол пластины, тем больше площадь срезаемых слоев.

Фреза с пластиной с углом 65° при полном обороте срезает довольно большой слой материала. Получается, что на 3 лезвие попадает наибольшая нагрузка. Следовательно, при проектировании режущего инструмента стоит уделять внимание жесткости пластины. Необходимо разработать требования, которые будут удовлетворять условиям жесткости пластины и режимам резания.

Для увеличения точности обработки отверстий концевой фрезой и упрощения подбора оптимального режима резания будет представлен расчет математических моделей, а затем проведен сравнительный анализ с

графическими построениями.

### Библиографический список

1. Б. Е. Бруштейн, В. И. Дементьев. Основы токарного дела. – Всесоюзное учебно-педагогическое издательство Профтехиздат. – Москва 1962г.

2. Наука и образование. – Научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана/ Издатель ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Н.Э. Баумана». Эл № ФС 77 - 48211. ISSN 1994-0408

3. Рекомендации по применению фрез. URL:  
[http://texinfo.inf.ua/razdeli/tehn\\_obr/frezer\\_2.html](http://texinfo.inf.ua/razdeli/tehn_obr/frezer_2.html)

4. Справочник технолога-машиностроителя, том 1. URL:  
[http://sdo2.irgups.ru/strela2/courses\\_data/23/kurs\\_leksii,\\_uchebnoe\\_posobie\\_po\\_distipline/TPvM/doc/tehmash/stm1str46.htm](http://sdo2.irgups.ru/strela2/courses_data/23/kurs_leksii,_uchebnoe_posobie_po_distipline/TPvM/doc/tehmash/stm1str46.htm)

# СЕКЦИЯ 4. ИННОВАЦИИ И РАЗРАБОТКИ В ХИМИИ, ФАРМАЦЕВТИКЕ, МЕДИЦИНЕ

УДК 577

## Бирюкова И.В. Перспективы использования биотехнологии в практической медицине

Prospects of biotechnology in the practice of medicine

**Бирюкова И.В.**

Северо-Кавказский Федеральный университет, г. Ставрополь

**Biryukova I.V.**

North-Caucasus Federal University, Stavropol

**Аннотация:** Характер современного естествознания становится революционно-практическим, преобразовательным. Меняется вся система знаний о живой природе, способы взаимодействия науки и практики, биологии как науки и технологии как опредмечивания биотехнических исследований.

**Ключевые слова:** Биотехнология, практическая медицина, нанотехнологии, целевая доставка лекарственных средств.

**Abstract:** The nature of modern natural science becomes revolutionary-practical, transformative. Changing the whole system of knowledge about nature, ways of interaction between science and practice, biology as a science and technology as a realization of biotechnical research.

**Keywords:** Biotechnology, applied medicine, nanotechnology, targeted delivery of drugs.

Человечество вошло в третье тысячелетие с громадными знаниями в области наук о жизни и колоссальным потенциалом их практического использования. Фактически мы являемся свидетелями биологической революции, открывающей беспрецедентные возможности для технологического прогресса в основных жизненно важных для человека сферах – медицине, сельском хозяйстве и экологии. В последние несколько десятилетий наука идёт вперёд семимильными шагами, появляются новые направления, большинство из которых находится на стыке основных естественных наук – биологии, химии, физики и математики.

Биотехнология – это производственное использование биологических агентов или их систем для получения ценных продуктов и осуществления процессов различного назначения. В целом, биотехнология представляет собой систему приемов, позволяющих получать промышленным способом ценные

продукты за счет использования процессов жизнедеятельности живых организмов [3].

Важным направлением биотехнологий в медицине является использование биотехнологий для реконструкции тканей и органов человека с использованием стволовых клеток.

Одним из перспективных направлений является использование нанотехнологий в медицинских целях, создание новых носителей и средств целевой доставки лекарственных препаратов [5].

Новые биологические технологии используются в диагностике и лечении сердечно-сосудистых, онкологических, аллергических и эндокринных заболеваниях.

Ежегодный прирост мирового рынка биотехнологической продукции составляет 7-10%. Уже сегодня использование биотехнологических разработок позволяет решать многие проблемы диагностики и лечения особо опасных заболеваний, недостаточного или несбалансированного питания, повышения качества питьевой воды, обеззараживания опасных для человека и окружающей среды отходов.

Очевидно и бесспорно экологическое значение, и биоэтическая ценность современной биотехнологии. «Сохранение природы должно стать императивом всей деятельности человека, в том числе и в первую очередь - его технологической активности. В таком контексте существующая глобальная технологическая структура просто неприемлема для человека, она должна быть заменена альтернативной технологической структурой, на разработку которой человечество должно направить свои главные интеллектуальные силы, в настоящее время занятые в большинстве своем разработкой все более новых и изощренных средств уничтожения человека. Альтернативная технологическая структура не может быть продуктом лишь совершенствования существующих технологий, лишь их модификацией, она должна базироваться на альтернативных технологиях, важнейшей из которых должна стать



биотехнология» [1].

Достижения в области физико-химической биологии и биотехнологии заложили основы новой медицины. Современная биотехнология революционизирует медицинскую науку. Она создает технологическую платформу для открытия и производства лекарств, разработки новых видов и методов лечения, вакцин и диагностических методов в медицине. Следует заметить, что около 90% всех приложений биотехнологии относится к медицине и здравоохранению. Стремительно развиваются новые методы диагностики труднодиагностируемых заболеваний и устойчивых к воздействию антибиотиков микроорганизмов.

По прогнозам исследователей, в скором времени наиболее распространенные генетические заболевания будут диагностироваться при помощи тестов, созданных на основе биотехнологий. Ведутся биотехнологические разработки новых методов лечения на основе генной и клеточной терапии. Одной из наиболее активно развивающихся областей на стыке медицины и биологии является именно генная терапия. Генная терапия - это многообещающая биотехнология, которая использует гены как лекарства для лечения пациентов. Целью генной терапии является доставка в организм человека генетических инструкций и производство терапевтических белков в течение длительного периода времени. При клеточной терапии, состарившиеся и больные клетки теоретически могут быть заменены новыми здоровыми клетками. Многие виды рака, а также генетические и нейродегенеративные заболевания, такие, как болезнь Альцгеймера и Паркинсона, являются потенциальными кандидатами на генную и клеточную терапию. Лучшая интерпретация человеческого генетического кода и понимание того, как гены регулируют биологические процессы, позволит понять, какие изменения и ошибки в генетическом коде могут приводить к нарушению молекулярных процессов и развитию заболеваний. Это, в свою очередь, приведет к разработке лекарственных средств, действие которых будет направлено на устранение

причины заболевания, а не только на коррекцию симптомов. Фармакология уже получила множество ранее недоступных возможностей благодаря открытию новых генов и их белковых продуктов, что ведет к возникновению нового поколения лекарств с высокой избирательностью действия и малой токсичностью [4].

Сегодня медицинская биотехнология усиленно развивается во всем мире, в некоторых странах, например, Японии, биотехнология объявлена «стратегической индустрией», а в других, Израиле, входит в число научных направлений с указанием «национальный приоритет». Высокие медицинские технологии последнего времени подняли человечество на новую ступень социальной эволюции, позволив кардинальным образом изменить вектор его развития. При этом экспоненциальному прогрессу в сфере клинической и профилактической медицины, равно как и в фармацевтической промышленности существенно способствовали выдающиеся достижения в биотехнологии, а также других областях науки и техники.

Говоря о медицинской биотехнологии, нельзя не отметить её исключительный вклад в борьбу со старением, что стало возможным благодаря открытиям в молекулярной биологии, разгадке структуры ДНК, расшифровке генома человека и иным успехам в этой области [2]. Представляется, что дальнейшее развитие генетической инженерии, являющейся одной из наиболее могущественных прикладных биотехнологических инструментов, даст мощный импульс таким передовым ответвлениям, как генодиагностика и генотерапия. Они принципиально улучшат качество медицинского обслуживания населения и позволят уже на эмбриональной стадии точно выявлять и в щадящем для всего организма режиме устранять зачатки тех или иных заболеваний (генетических, онкологических, инфекционных).

Таким образом, если мировому научному сообществу удастся ответственно подойти к выработке и применению биоэтических норм и принципов, интегрировать биотехнологические аспекты в процессы

транснационального взаимодействия и социального контроля, то есть все предпосылки для того, чтобы на основе безопасного использования подобных технологий, сделать, возможно, самый значительный в истории развития человеческой популяции скачок в эволюции цивилизации.

#### Библиографический список

1. Егоров Н.С., Олескин А.В., Самуилов В.Д. Биотехнология: Проблемы и перспективы. - М.: Высшая школа, 1987. 159 с.
2. Леон Р. Касс Нестареющие тела, счастливые души: Биотехнологии в погоне за совершенством // Вызов познанию: Стратегии развития науки в современном мире. - М.: Наука, 2004. С.282-308 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ec-dejavu.net/b-2/Biotechnologies-2.html> (дата обращения 28.02.2012).
3. Рассел Б. Человеческое познание: его сфера и границы. – Киев: Ника-Центр, 1997. 560 с.
4. Светлов С.В. Антиглобализм и биотехнология [Электронный ресурс]. URL:<http://www.antiglobalizm.org/antiglobalizm/sv.htm> (дата обращения: 28.02.2012).
5. Фролов И. Т. Перспективы человека: Опыт комплекс. постановки проблемы, дискуссии, обобщения. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Политиздат, 1983. — 350 с.

# СЕКЦИЯ 5. ИННОВАЦИИ И РАЗРАБОТКИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 613.292:615.322

## Кислицын А.А. Характеристика ингредиентного состава БАД «Фитосорбовит»

Characteristics of ingredient composition of dietary supplements «Fitosorbovit»

**Кислицын А.А.**, аспирант  
кафедры «Товароведение и управление качеством»  
Кемеровского технологического института  
пищевой промышленности (университета),  
г. Кемерово, Российская Федерация  
**Kislitsyn A.A.**, Post-Graduate Student  
Department of «Commodity Research and Quality Management»  
Kemerovo Institute of Technology food industry (University)  
Kemerovo, Russian Federation

**Аннотация:** В статье рассмотрены основные характеристики ингредиентного состава БАД «Фитосорбовит».

**Ключевые слова:** БАД, Фитосорбовит, ингредиентный состав

**Abstract:** The article describes the main characteristics of the BAA "Fitosorbovit" of ingredient composition.

**Keywords:** BAA, Fitosorbovit, ingredient structure

Оптимизация рациона современного человека за счет специализированных продуктов различной функциональной направленности, в том числе биологически активных добавок (БАД) – наиболее доступный и эффективный путь к открытым «окнам возможностей» сохранения здоровья и работоспособности [1,3]. Рассматриваемый тренд активно поддерживается на государственном уровне Указами Президента и Постановлениями Правительства Российской Федерации [2,4].

Одним из приоритетных направлений является разработка специализированных продуктов с сорбционными свойствами, учитывая их значение в устранении интоксикации – как общего синдрома многих заболеваний.

Разработан новый энтеросорбент – БАД «Фитосорбовит». Ниже приводится характеристика ингредиентного состава для научного обоснования рецептурной формулы и ее функциональной направленности.

Микрокристаллическая целлюлоза (МКЦ). Является источником пищевых волокон, средством, стимулирующим деятельность желудочно-кишечного тракта. МКЦ, как и другие пищевые волокна, действует на организм человека двумя путями: механическим и сорбционным. В желудке МКЦ впитывает жидкость, разбухает, в несколько раз увеличивая свой объем и, раздражая механорецепторы желудка, вызывает ощущение сытости, избавляет от чувства голода. На протяжении всего желудочно-кишечного тракта МКЦ сорбирует (поглощает) на своей поверхности вредные для организма вещества, тяжелые металлы, радионуклиды и т.п., связывает в желудке излишки желудочного сока и соляной кислоты, в кишечнике – желтые кислоты, билирубин, холестерин, снижая, тем самым, агрессивность желудочного сока и желчи. В тонком кишечнике МКЦ очищает механическим путем его слизистую оболочку, что ведет к улучшению пристеночного пищеварения и всасывающей функции кишечника. Раздражая рецепторы кишечника, МКЦ усиливает его перистальтику, за счет чего ликвидируется застой пищевого комка (химуса). Известно, что важную роль в жизнедеятельности организма играет микрофлора толстого кишечника. Полезные бактерии больше всего нуждаются в пищевых волокнах. Микрофлора кишечника, используя МКЦ, синтезирует витамины группы В, витамин РР и витамин К. МКЦ используют при отравлении (вместо активированного угля); в целях нормализации пищеварения, при диабете, атеросклерозе, ишемической болезни сердца, гастроэнтерологических заболеваниях, для профилактики и приостановки роста новообразований, образования камней в желудочном пузыре, почках и др., а также профилактического очищения организма и избавления от лишнего веса.

Комплекс лактобактерий. Представлен молочнокислыми бактериями *Lactobacillus plantarum* штамм 8 Р-А3, которые необходимы для обеспечения

комплексного здоровья человека. Лактобактерии поддерживают местный иммунитет, вырабатывают интерферон, фолиевую кислоту, биотин, витамин К. Большая их часть проживает в тонком кишечнике, но благодаря антигенному составу способны поддерживать нормальный биоценоз слизистых дыхательной системы. У женщин лактобактерии защищают слизистую оболочку влагалища от заселения дрожжевыми грибами. Молочнокислые бактерии профилактуют желудочно-кишечный тракт, необходимы при расстройствах кишечника, колитах, кандидозе, дисбактериозе и сопутствующей патологии.

Плоды шиповника. Содержат уникальный состав биологически активных веществ: значительное количество витамина С, провитамин А, витамины К, В2, Е, биофлавоноиды (кемферол, кверцетин), дубильные и пектиновые вещества, другие макро – и микроэлементы. Сборы, содержащие в своем составе шиповник, имеют не только приятный вкус, но и используются в качестве профилактического и лечебного средства. Плоды шиповника рекомендуют для повышения защитных сил организма, они обладают витаминным, противовоспалительным, мочегонным, кровоостанавливающим действием. Благодаря наличию органических кислот и пектинов шиповник действует как легкое слабительное средство.

Глистогонный комплекс в составе полыни и пижмы. Зарекомендовал себя как помощник в профилактике аскаридоза, энтеробиоза и лямблиоза. Кора крушины, содержащаяся в рецептурной формуле, обладает послабляющим эффектом, поэтому процесс «очистения» протекает более благоприятно.

Цветки пижмы являются противогельминтным и желчегонным средством. Фитонцидные свойства обусловлены наличием эфирного масла и оказывают эффект в отношении гноеродных и кишечного-тифозных микроорганизмов, круглый глистов (остриц, аскарид). Пижма обладает также желчегонным и противовоспалительным действием при заболеваниях кишечника, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки,

тонирует мускулатуру желудочно-кишечного тракта, усиливает его секрецию и снижает содержание слизи в желчи.

Свекла сублимированная. Содержит клетчатку, сахара, минеральные соли, витамины группы В, бетаин, пектиновые вещества. Клетчатка обеспечивает усиление перистальтики кишечника, стимулирует выделение пищеварительных соков и желчи. Пектиновые вещества способствуют удалению из организма холестерина, токсических веществ, бетаин нормализует обменные процессы, улучшает работу печени. Свекла оказывает мягкое послабляющее действие, что способствует улучшению перистальтики и очищению кишечника.

Полисорбвит. Энтеросорбент, созданный на основе модифицированного низкоэтерифицированного цитрусового пектина. Обладает энтеросорбционными, антацидными и обволакивающими свойствами. В желудке полисорбвит образует плотный гель, который обволакивает желудочную стенку и, благодаря высокой водоудерживающей способности, набухает. Образованная толстая гелиевая пленка предохраняет стенку желудка от воздействия агрессивных факторов желудочного сока, таких как соляная кислота и пищеварительные ферменты, а также, стимулирует кровообращение в верхних слоях стенок желудка, что улучшает их питание и обогащает кислородом. Помимо этого, обладая сорбционной активностью, полисорбвит связывает токсины, вторичные метаболиты, продукты распада тканей, гормоны желудочно-кишечного тракта. Попадая в тонкий кишечник, полисорбвит проявляет такое же действие, как и в желудке, это позволяет уменьшить воспалительные процессы при дуоденитах, энтеритах, гастроэнтеритах, спастических колитах, синдроме раздраженного кишечника. Пектины, как основные компоненты полисорбвита, обладают высокой влагоудерживающей способностью и эффективны в качестве средства, способствующего нормализации стула, улучшают консистенцию каловых масс в кишечнике.

Анализ фармакологической характеристики ингредиентов позволил научно обосновать качественный и количественный состав рецептурной формулы специализированного продукта: мг/1 таблетку (500г): полисорбит – 166,7; свекла сублимированная – 66,67; пижма цветки – 25; шиповник (плоды) – 16,67; сена (листья) – 16,67; лактогум, закваска сухая пробиотическая, концентрированная – 8,33; микрокристаллическая целлюлоза – 200.

#### Библиографический список

1. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни / В. И. Покровский, Г. А. Романенко, В. А. Княжев, В.А. Тутельян, В.М. Позняковский. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во., 2002. – 344 с.

2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.10.10 года № 1873 – р «Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года»

3. Спиричев, В.Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология / В.Б.Спиричев, Л.Н.Шантюк, В.М.Позняковский; под общ.ред. В.Б.Спиричева. – 2-е изд. – Новосибирск: Сиб.унив.изд-во, 2005. – 548 с.

4. Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации до 2020 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 17.04.12 года.



# СЕКЦИЯ 6. ИННОВАЦИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

УДК 004.9

## Гордеева Д.С., Мезенов А.С. Реализация политики информационной безопасности в образовательных организациях: исторический аспект

Implementation of information security policies in educational institutions:  
historical aspect

**Гордеева Д.С.**, доцент кафедры экономики, управления и права  
Южно-Уральский государственный  
гуманитарно-педагогический университет  
г. Челябинск

**Мезенов А.С.**, студент-магистрант  
Южно – Уральский государственный  
гуманитарно – педагогический университет, г. Челябинск

**Gordeeva D.S.**, candidate of pedagogical sciences, associate professor  
of the chair «Economics, Management and Law»,  
South Ural State Humanitarian Pedagogical University  
Chelyabinsk

**Mezenov A. S.**, student  
South Ural State Humanitarian Pedagogical University,  
Chelyabinsk

**Аннотация:** Данная статья направлена на исследование этапов становления информационной среды образовательной организации. В статье также уделено внимание развитию информационной безопасности как актуальной проблеме современного образовательного мира.

**Ключевые слова:** образовательная организация, конкурентоспособность информационная среда, безопасность информационной среды образовательных организаций.

**Abstract:** This article aims to study the stages of formation of information environment of the educational organization. The article also focuses on the.

**Keywords:** educational organization, the competitiveness of the information environment, the security of the information environment of educational institutions.

Исследование вопросов становления информационной безопасности образовательной среды в последние годы становится наиболее актуальной темой для ученых, посвятивших свои труды данной области. Интенсивно разрабатываются теоретические, организационно-методические, исторические, технологические аспекты понятия «информационная безопасность».

Тем не менее, растущее число публикаций, научных работ и

методических материалов не дает окончательного ответа на такие основополагающие вопросы, как понятие «информационная образовательная среда», его содержание, структура, особенности реализации политики информационной безопасности в вузе. Это объясняется как неоднородностью теоретических и практических разработок в данной области, так и стремительной динамикой информатизации образования, определяющей постоянное смещение акцентов в понимании информационной безопасности, нередко приводящее к изменениям понятий о ее составе и содержании.

Анализ работ Ю. С. Брановского, П. В. Веденева, Р. Ю. Гурниковской, О. А. Ильченко, В. А. Козырева, Е. В. Мельниковой, В. П. Мозолина, В. И. Солдаткина и др. позволяет выделить несколько точек зрения на содержание понятия «информационная безопасность образовательной среды», от сугубо технократического подхода до подхода гуманистического.

*Информационная безопасность образовательной среды - это система психолого-педагогических условий и программно-аппаратных средств, обеспечивающих информационную защищенность субъектов образовательного процесса.* Такая формулировка, предложенная авторами, предполагает многоаспектность анализируемого термина, рассмотрение его как сложной системы, состоящей из отдельных, взаимосвязанных элементов, причем системы открытой, обеспечивающей гибкость и адаптируемость к изменяющимся условиям внешней среды и к особенностям подготовки специалистов в конкретном учебном заведении.

Можно выделить следующие компоненты информационной образовательной среды:

- Ценностно-целевой компонент, обозначающий совокупность целей и ценностей педагогического образования, развивающегося в условиях информационного общества и отвечающего требованиям международных стандартов качества, удовлетворяя запросы всех потребителей образовательных услуг – личности, общества, государства и производства.

- Содержательно-методический компонент, определяющий как содержательную сферу информационной образовательной среды, так и формы организации занятий, методы и принципы обучения, актуальные для реализации целей и задач педагогического образования.
- Коммуникационно-психологический компонент, отображающий особенности субъектов информационной образовательной среды и специфику коммуникационной сферы.
- Организационно-административный компонент, включающий организационно - правовую основу (совокупность нормативной документации, регламентирующей деятельность как самой ИОС, так и ее субъектов).
- Пространственно-технологический компонент, в состав которого входят архитектурно-эстетическая организация образовательного пространства (архитектура здания и дизайн интерьеров, пространственная структура учебных и рекреационных помещений и др.).

Анализ научной литературы позволяет предположить, что сложность трактовки рассматриваемого понятия во многом обуславливается также неравномерностью развития отдельных компонентов безопасности информационной образовательной среды и некоторой хаотичностью ее формирования [7].

Генезис информационной образовательной среды можно проследить во взаимосвязи с историческим процессом становления информатизации образования. Многие авторы, говоря о внедрении информационных технологий в систему образования, подчеркивают, что основные проблемы, пути и этапы информатизации образования в основном совпадают с общими положениями информатизации общества в целом. Эти идеи получают отражение в работах М. Г. Багиевой, К. К. Колина, О. В. Вязовой, Д. Е. Прокудина [8] и др.

Несмотря на достаточно большое количество исследовательских работ, вопросы становления и дальнейшего развития информационной среды образовательного учреждения практически не изучены, а носят скорее

фрагментарный характер.

Становление информационной образовательной среды, так же как и информатизация образования, происходило эволюционно. Проведенный ретроспективный анализ литературы позволил сделать вывод о том, что однозначного взгляда на то, какой хронологический период считать периодом зарождения информатизации образования, не существует. Но, большинство ученых – исследователей придерживаются мнения о том, что об информатизации образования можно говорить начиная с 80-х гг. XX в. Так, например, Д. Е. Прокудин в своей статье «Информатизация отечественного образования: итоги и перспективы» [5] предлагает точкой отсчета информатизации образования считать 1984 – 1985 гг., мотивируя это тем фактом, что именно в тот период было принято правительственное решение о направлении в сферу образования ЭВМ и введении в средних школах курса основ информатики и вычислительной техники. Рассматривая этапы осуществления государственной политики в области безопасной информатизации образования, действительно можно говорить о том, что массовая информатизация отечественного образования началась в 1984 г., с момента выхода Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР о введении предмета «Основы информатики и вычислительной техники» в средней школе и широком внедрении ЭВМ в учебный процесс.

Вторая половина 1960-х гг., по сути, стала периодом зарождения информационной образовательной среды [1]. Именно на этом этапе стали обсуждаться возможности применения ЭВМ для повышения эффективности системы образования. Повсеместно работали семинары и научные школы, проходили многочисленные конференции, симпозиумы и совещания по вопросам применения программированного обучения и технических средств в обучении, в Москве, Новосибирске, Ленинграде, Омске и Свердловске организовывались первые центры, занимающиеся проблемами информатизации образования.

В период 1970-х гг. становление ценностно-целевого компонента продолжилось, приняло более организованную форму, по-прежнему развиваясь в рамках концепции программированного обучения. С середины 1970-х гг. началась активная разработка технологий обучения с использованием ЭВМ, что способствовало формированию содержательно-методического компонента ИОС [6].

Следует заметить, что формирование организационно - правовой основы безопасности информатизации образования встретило на своем пути ряд трудностей. В ходе исследования по прогнозированию развития системы образования была доказана неизбежность проникновения компьютеров в образование, однако эти идеи не получили государственной поддержки, более того, выступление М. Н. Скаткина на общем собрании академии педагогических наук в 1978 г. было встречено полным безразличием [3].

В 80-е гг. XX в. информатизация образования, а значит, и становление информационной образовательной среды приобрело системный характер. В этот период на информатизацию образования было выделено свыше 3 млрд долл., позволивших организовывать производство школьных компьютеров и осуществить поставки оборудования в учебные заведения. Тогда же начинает уделяться большое внимание подготовке и переподготовке учителей, причем не только учителей информатики: формулируются требования к школьным учебникам информатики, разрабатывается курс информатики для преподавания в педагогических вузах [8]. Приоритетной становится задача «разработки педагогических программных продуктов для использования в общеобразовательной школе, их массового внедрения и постепенного создания системы опережающего образования, основанной на новой информационной технологии». В это же время начинается применение в учебных заведениях обучающих программных систем, самой известной из которых является программная система «Школьница», предназначенная для обучения школьников и учащихся ПТУ программированию, а также «для повышения качества

преподавания различных школьных предметов за счет использования операционных возможностей ЭВМ» и спроектированная с учетом возрастных особенностей учащихся.

Наряду с компьютерами, выпускаемыми отечественной промышленностью, начинает использоваться зарубежная техника, со временем вытеснившая персональные ЭВМ, производимые в СССР. Такие понятия, как информационная культура, обучающие системы, компьютерная грамотность, информатизация и компьютеризация, выдвигаются в конце 1980-х гг. на первое место среди общих вопросов теории информатизации образования, обуславливая тем самым их институционализацию в работах А. П. Ершова, Ю. А. Первина, А. Г. Гейна и других авторов, и последующее отображение в Концепции информатизации 1988 г. Можно отметить, что в той или иной мере к концу 1980-х гг. все компоненты информационной образовательной среды получают свое развитие [4].

Исходя из всего этого, можно говорить о том, что информационная образовательная среда, построенная на использовании информационных технологий, сформировалась в общем виде в конце 1980-х – начале 1990-х гг., а дальнейший процесс ее развития был связан с совершенствованием уже созданных компонентов и включением в ее состав новых, ранее не существовавших элементов. В 90-е гг. XX в. информатизация образования оказывается среди приоритетных направлений образовательной политики Российской Федерации [10]. Информационная образовательная среда формируется с учетом развития глобальных компьютерных сетей; активно совершенствуется техническая база, развиваются системы информационного обеспечения и управления образовательной деятельностью. В конце 1990-х гг. в процессах информатизации образования преобладают тенденции децентрализации, во многом обусловленные экономическим кризисом 1998 г., ведущие к реализации региональных, а зачастую и локальных концепций и программ информатизации образования. Информатизация образования вновь

приобретает системный характер только в 2001 г, когда государство приступает к целенаправленной деятельности в данной области. Анализ процесса развития информационной образовательной среды в отечественном образовании показал, что эффективность процесса ее становления зависит от следующих взаимосвязанных факторов: государственной поддержки, создания глобальной информационной инфраструктуры образования и подготовки кадров для системы образования в области использования и внедрения информационных технологий. В заключение отметим, что на сегодняшний день именно реализация данных факторов во взаимосвязи с деятельностью по созданию информационно – аналитической системы управления образованием и разработке научно обоснованной методологии использования информационных технологий в образовательном процессе составляет перспективное направление развития информационной образовательной среды [2].

Сейчас, когда уже можно говорить, о существующей информационной среде в образовательных учреждениях, начинают всплывать важнейшие проблемы, оставленные ранее до лучших времен. Один из самых важных вопросов стоящих сейчас перед ОУ с точки зрения информационных технологий – это вопрос информационной безопасности образовательного учреждения [9].

Начиная с 2006 года согласно 152 ФЗ «О защите персональных данных любое государственное образовательное учреждение является оператором персональных данных. С этим сложно спорить, поскольку любое учебное заведение хранит у себя персональные данные обучающихся и сотрудников и не только хранит, но и ведет автоматизированную обработку этих данных.

Вопрос реализации политики информационной безопасности в образовательных организациях остаётся актуальным т.к. информационные системы охватывают новые сферы образовательной деятельности, при этом их защищенность остается на прежнем уровне.

## Библиографический список

1. Скиба В.Ю. Курбато В.А. Руководство по защите от внутренних угроз информационной безопасности/Скиба В.Ю. :Питер.–2008.–320с.
2. Федеральный закон от 27.07.2006 N 152-ФЗ (ред. от 25.07.2011) «О персональных данных»
3. Федеральный закон от 29.12.2010 № 436-ФЗ «О защите детей от информации, причиняющей вред их здоровью развитию»
4. Шубинский М.И. Информационная безопасность для работников бюджетной сферы. Учебное пособие / НИУ ИТМО. СПб., 2012.
5. Гордеева, Д.С. Мировой опыт профилактики конфликтов в системе образования //Научно-исследовательский журнал «International scientific review» – Иваново: Изд-во «Проблемы науки», 2016. – С.41-43
6. Гордеева, Д.С., Демцура, С.С. Современные механизмы реального сектора экономики в сфере совместной образовательной деятельности// Сборник научных трудов по материалам 2 международной научно-практической конференции. –2016. - С.51-60.
7. Гордеева Д.С., Демцура С.С., Федорова К.А. Функциональные области финансовой логистики // Фундаментальные проблемы науки: сборник статей Международной научно - практической конференции. – Уфа, 2016. – С. 94- 96.
8. Дергиева А.И., Новоселова Н.Н. Исследование текущих и перспективных трендов развития сферы образовательных услуг в региональном разрезе// Инженерный вестник Дона (электронный журнал). 2012. № 1 // <http://www.ivdon.ru>
9. Гнатышина, Е.В. Формирование информационной культуры педагога профессионального обучения в процессе экономической подготовки/Е.В. Гнатышина //Сборник научных трудов: в 3 томах. Федеральное агентство по



образованию, Челябинский государственный педагогический университет. – Челябинск. – 2010. С. 283-296.

10. Савченков, А.В. Историко-педагогический анализ проблемы сетевого взаимодействия учреждений среднего профессионального образования и вуза/ А.В. Савченков, Е.А. Гнатышина // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. – Челябинск: изд-во «ФГБОУ ВПО Челябинский государственный педагогический университет», – 2015. - № 4. – С. 44 – 48.

УДК 62.50

## **Пиманкина Е.С. Управление с итеративным обучением манипулятором с гибким соединением**

*Iterative learning control on the rotary flexible joint model*

**Пиманкина Е.С.**, магистр

Арзамасский политехнический институт (филиал)

Нижегородского государственного технического университета

им. Р. Е. Алексева, г. Арзамас

**Pimankina E.S.**, master's degree student

Arzamas Polytechnic Institute of R.E. Alekseev

Nizhny Novgorod State Technical University, Arzamas

**Аннотация:** В данной статье рассматривается алгоритм управления с итеративным обучением, который уменьшает величину ошибки на последующей итерации, а также его проектирование при использовании теории линейного повторяющегося процесса и функции Ляпунова. Вычисления производятся путем использования линейных матричных неравенств в дискретном линейном повторяющемся процессе. Приводятся графические результаты закона управления, полученные при моделировании упрощенной модели динамики системы манипулятора с гибким соединением.

**Ключевые слова:** управление с итеративным обучением, линейно-матричные неравенства, функция Ляпунова, манипулятор с гибким соединением, линейный повторяющийся процесс.

**Abstract:** This paper describes iterative learning control used for trial-to-trial error convergence and its design by using the theory of linear repetitive processes and the Lyapunov function. The calculations are done with the help of linear matrix inequalities (LMIs). It is also shown how this setting extends for the discrete linear repetitive processes. Results from the experimental application of this control on the rotary flexible joint model are also given.

**Keywords:** iterative learning control, LMIs, Lyapunov function, rotary flexible joint model, linear repetitive process.

## Введение

На данный момент современные системы автоматического управления представляют собой сложные по структуре строения устройства, такие как ядерный реактор или высокоскоростной самолет. Подобные системы включают в себя огромное количество подсистем, которые обеспечивают решение различных комплексных задач.

Существует ряд средств повышения качества динамической системы, но они не всегда помогают достигнуть желаемых показателей. Это может происходить по ряду причин, например, вследствие помех, при параметрической или структурной неопределённости, или же в случае неточного описания объекта управления.

Одной из главных причин невозможности достижения желаемых показателей является возникновение ошибок, в связи с отсутствием подходящего метода управления. Говоря о методах, которые применяются в теории управления, необходимо отметить, что в последнее десятилетие широкую популярность приобрел метод управления с итеративным обучением.

Управление с итеративным обучением применяется в системах, которые работают в режиме повторения. Оно обеспечивает в этом режиме воспроизведение заданной траектории движения с требуемой точностью на некотором интервале времени [7].

Такое управление использует данные, полученные с предыдущих итераций, для того, чтобы формировать сигнал управления, который уменьшит величину ошибки на последующей итерации.

Построение и реализация алгоритма управления с итеративным обучением является перспективным для таких систем, как, например, робот-манипулятор, многократно повторяющий однотипные действия, и подобных ему систем в автоматизированном серийном производстве [1, 2].

При постоянных внешних условиях можно получить описание системы в виде графиков, которые визуальным образом показывают зависимость уровня обучения

от числа итераций (повторений) и от времени.

## 1. Реализация системы итерационного обучающего управления

Итеративное обучение может быть представлено в виде двумерного динамического процесса [4]. Динамика системы во времени отражается первым процессом. Второй процесс отражает динамику итерационного обучения:

$$\begin{aligned}x(t+1, k) &= Ax(t, k) + Bu(t, k), \\y(t, k) &= Cx(t, k); \end{aligned} \tag{1}$$

где  $t$  – дискретное время;  $k$  – номер шага обучения;  $x \in \mathbb{R}^n$  – вектор состояния;  $y \in \mathbb{R}^p$  – выходной вектор;  $u \in \mathbb{R}^m$  – входной вектор управления;  $A, B, C$  – матрицы соответствующих размерностей.

Во время обучающего процесса каждая переменная данной динамической системы может выражаться в виде функции от двух независимых переменных: от итерации  $k$  и времени  $t$ .

Граничными условиями системы (1) являются:

$$\begin{aligned}x(0, k) &= x_0, \quad k = 0, 1, \dots, \\u(t, 0) &= 0, \quad t = 0, 1, \dots, \mathbb{N}. \end{aligned} \tag{2}$$

Если рассматривать алгоритм итерационного обучения в общем, то он состоит в следующем: каждая доступная измерению переменная запоминается на каждом шаге обучения, а затем используется при следующем шаге для модификации управления, тем самым достигая заданной траектории.

Следующие уравнения представляют собой закон итеративного обучающего управления:

$$\begin{aligned}u(t, k) &= u(t, k-1) + \Delta u(t, k-1), \\e(t, k) &= y_r(t) - y(t, k). \end{aligned} \tag{3}$$

где  $\Delta u$  – модификация сигнала управления;  $e(t, k)$  – ошибка на  $k$ -й итерации;  $y_r(t)$  – заданная траектория системы.

Цель управления с итеративным обучением заключается в уменьшении ошибки от итерации к итерации, причем для двумерной структуры это можно формально выразить в следующем виде:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \|e(t, k)\| = 0.$$

Данное условие является основой для построения алгоритмов.

## 2. Повторяющийся динамический процесс и условия его устойчивости

Природа повторяющегося процесса заключается в том, что каждый шаг итерации состоит из конечного числа точек дискретного времени, которые можно представить в виде векторов. С векторами работать удобнее, поэтому неудивительно, что на практике дискретная модель используется чаще всего.

Рассмотрим дискретный линейный повторяющийся процесс, описываемый следующими уравнениями в пространстве состояний:

$$\begin{aligned} x_{k+1}(p) &= Ax_{k+1}(p) + Bu_{k+1}(p) \\ y_{k+1}(p) &= Cx_{k+1}(p) \end{aligned} \quad (4)$$

где  $x_k(p) \in \mathbb{R}^n$  – вектор состояния;  $y_k(p) \in \mathbb{R}^p$  – выходной вектор;  $u_k(p) \in \mathbb{R}^m$  – входной вектор управления на каждом шаге  $k$ , причем  $k \geq 0$ ,  $p = 0, 1, \dots, \alpha - 1$ .  $\alpha$  – переменная ограниченного размера

Определим начальные и граничные условия: начальный вектор состояния и начальный выходной вектор берутся нулевыми на каждом шаге.

Теория устойчивости для линейных повторяющихся процессов с постоянным шагом содержит в себе две различные концепции, выражающиеся в асимптотической устойчивости и устойчивости вдоль повторения.

Условие асимптотической устойчивости не является достаточно сильным для возможности проектирования закона управления, который гарантирует достижение устойчивости вдоль повторения.

В данном случае альтернативным подходом достижения устойчивости по профилю повторения, подробно рассмотренным в [8], является использование метода векторных функций Ляпунова, в котором используется дивергенция векторной функции вместо производной скалярной функции.

Для получения условия экспоненциальной устойчивости вдоль

повторения для процесса (4), введем в рассмотрение векторную функцию Ляпунова в виде:

$$\vec{V}(x_{k+1}(p), y_k(p)) = \begin{bmatrix} V_1(x_{k+1}(p)) \\ V_2(y_k(p)) \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где  $V_1(x) > 0, x \neq 0$  и  $V_2(y) > 0, y \neq 0$ , при чем  $V_1(0) = 0, V_2(0) = 0$ .

Дискретный аналог оператора дивергенции для этой функции определяется:

$$D\vec{V}(x_{k+1}(p), y_k(p)) = \Delta_p V_1(x_{k+1}(p)) + \Delta_k V_2(y_k(p)), \quad (6)$$

где

$$\Delta_p V_1(x_{k+1}(p)) = V_1(x_{k+1}(p+1)) - V_1(x_{k+1}(p)),$$

$$\Delta_k V_2(y_k(p)) = V_2(y_{k+1}(p)) - V_2(y_k(p)).$$

Векторная функция Ляпунова может быть рассмотрена ещё одним способом, то есть, в виде:

$$V(k, p) = V_1(k, p) + V_2(k, p) \quad (7)$$

где  $V_1(k, p)$  и  $V_2(k, p)$  представляют собой квадратичные формы:

$$V_1(k, p) = x_{k+1}^T P_1 x_{k+1}(p)$$

$$V_2(k, p) = y_k^T P_2 y_k(p)$$

где  $P_1 > 0$  и  $P_2 > 0$ , со связанным инкрементом:

$$\Delta V(k, p) = V_1(k, p+1) - V_1(k, p) + V_2(k, p+1) - V_2(k, p) \quad (8)$$

Таким образом, на каждом шаге устойчивость обеспечивается в том случае, если  $\Delta V(k, p) < 0$  для всех  $k$  и  $p$ , что эквивалентно следующему требованию:

$$\Phi^T P \Phi - P < 0 \quad (9)$$

где  $\Phi = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}$ ,  $P = \text{diag}\{P_1, P_2\}$ .

Уравнение (2.9) – это так называемое матричное уравнение Ляпунова для 2D систем и в случае его разрешимости будут получены достаточные условия устойчивости по профилю повторения.

В дальнейшем будет рассматриваться дискретная модель:

$$x_k(p) = Ax_k(p-1) + Bu_k(p-1)$$

Введем вспомогательную переменную:

$$\eta_{k+1}(p+1) = x_{k+1}(p) - x_k(p) \quad (10)$$

Отсюда получим, что

$$\eta_{k+1}(p+1) = A\eta_{k+1}(p) + B\Delta u_k(p-1)$$

Для обеспечения устойчивости по профилю повторения, закон управления запишем:

$$\Delta u_{k+1}(p+1) = u_{k+1}(p) - u_k(p)$$

Закон управления также рассмотрим в форме:

$$\Delta u_{k+1}(p) = K_1\eta_{k+1}(p+1) + K_2e_k(p+1) \quad (11)$$

следовательно,

$$\begin{aligned} \eta_{k+1}(p+1) &= (A + BK_1)\eta_{k+1}(p) + BK_2e_k(p) \\ e_{k+1}(p) - e_k(p) &= CA(x_k(p-1) - x_{k+1}(p-1)) + \\ &+ CB(u_k(p-1) - u_{k+1}(p-1)) \end{aligned}$$

Используя уравнение (10), получим что

$$e_{k+1}(p) - e_k(p) = -CA\eta_{k+1}(p) - CB\Delta u_{k+1}(p-1)$$

Или используя уравнение (11)

$$e_{k+1}(p) = -C(A + BK_1)\eta_{k+1}(p) + (I - CBK_2)e_k(p) \quad (12)$$

Обозначим:  $\tilde{A} = A + BK_1$ ,  $\tilde{B} = BK_2$ ,  $\tilde{C} = -C(A + BK_1)$ ,  $\tilde{D} = I - CBK_2$ .

Заменяя переменные в уравнениях (10) и (11) на указанные выше обозначения, получим систему вида

$$\begin{aligned} \eta_{k+1}(p+1) &= \tilde{A}\eta_{k+1}(p) + \tilde{B}e_k(p) \\ e_{k+1}(p) &= \tilde{C}\eta_{k+1}(p) + \tilde{D}e_k(p) \end{aligned} \quad (13)$$

Эта форма сходна форме системы (4). Таким образом, теория устойчивости повторяющегося процесса может быть применена к схеме итеративного обучения. А именно, устойчивость по профилю повторения эквивалентна устойчивости постоянного ограниченного входного сигнала и ограниченного выходного сигнала, то есть, она не зависит от длины испытания, следовательно, при каждой последующей итерации сходимость ошибки к нулю

может быть достигнута.

### Теорема 1

Система управления с итеративным обучением следующих уравнений:

$$\eta_{k+1}(p+1) = \tilde{A}\eta_{k+1}(p) + \tilde{B}e_k(p)$$

$$e_{k+1}(p) = \tilde{C}\eta_{k+1}(p) + \tilde{D}e_k(p)$$

является устойчивой вдоль повторения в том и только в том случае, если существуют матрицы согласованных размерностей  $X_1 > 0$  и  $X_2 > 0$ ,  $R_1$  и  $R_2$  такие, что выполняется следующее линейно-матричное неравенство:

$$M = \begin{bmatrix} -X_1 & 0 & X_1 A^T + R_1^T B & -X_1 A^T C^T - R_1^T B^T \\ 0 & -X_2 & R_2^T B^T & X_2 - R_2^T B^T C^T \\ AX_1 + BR_1 & BR_2 & -X_1 & 0 \\ -CA X_1 - CA R_1 & X_2 - CBR_2 & 0 & -X_2 \end{bmatrix} < 0 \quad (14)$$

Тогда в этом случае матрицы усиления  $K_1$  и  $K_2$  вычисляются следующим образом:

$$\begin{aligned} K_1 &= R_1 X_1^{-1}, \\ K_2 &= R_2 X_2^{-1} \end{aligned} \quad (15)$$

### 3. Численный пример

Для получения визуализированного результата, было проведено моделирование упрощенной модели динамики системы манипулятора с гибким соединением [5, 6]. В качестве модельного примера были взяты следующие матрицы состояний:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1.0000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1.0000 \\ 0 & 625.0000 & -1.9231 & 0 \\ 0 & -984.9039 & 1.9231 & 0 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 480.7692 \\ -480.7692 \end{bmatrix}$$

Уравнения состояния манипулятора с гибким соединением можно привести к дискретной форме, причем шаг дискретизации возьмём  $\Delta = 0.01$  с.

Следующие уравнения записаны в дискретной форме и описывают дискретный линейный повторяющийся процесс:

$$\begin{cases} x(t+1, k) = A_D x(t, k) + B_D u(t, k), \\ y(t, k) = C_D x(t, k), \\ t = 300; k = 70. \end{cases}$$

$$\text{Где } A_D = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.0308 & 0.0099 & 0.0001 \\ 0 & 0.9496 & 0.0001 & 0.0098 \\ 0 & 6.0852 & 0.9812 & 0.0308 \\ 0 & -9.9837 & 0.0187 & 0.9496 \end{bmatrix}, B_D = \begin{bmatrix} 0.0238 \\ -0.0237 \\ 4.7124 \\ -4.6809 \end{bmatrix}$$

Линейное матричное неравенство системы определяется в виде:

$$(\bar{A} + \bar{B}K)^T P (\bar{A} + \bar{B}K) - P + Q + K^T R K < 0 \quad (16)$$

Линейное матричное неравенство (16) умножаем справа и слева на  $X = P^{-1}$ , причем матрица  $X$  представляет собой диагональную матрицу, то есть  $X = \text{diag}[X_1, X_2] = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} > 0$ .

При помощи теоремы о дополнении Шура приводим это матричное неравенство (16) к матричному виду:

$$\begin{bmatrix} X & (\bar{A}X + \bar{B}Y)^T & X & Y^T \\ \bar{A}X + \bar{B}Y & X & 0 & 0 \\ X & 0 & Q^{-1} & 0 \\ Y & 0 & 0 & R^{-1} \end{bmatrix} \succ 0$$

$$\text{где } \bar{A} = \begin{bmatrix} A & 0 \\ -CA & I \end{bmatrix}, \bar{B} = \begin{bmatrix} B \\ -CB \end{bmatrix}.$$

Решая это неравенство и делая обратную подстановку  $K = YX^{-1}$ , находим матрицы усиления  $K_1$  и  $K_2$ , так как  $K = [K_1, K_2]$ .

Теперь переходим к обучению системы:

Приращение управления итерационного обучения представляется в виде:

$$\Delta u(t, k+1) = K_1(x(t, k+1) - x(t, k)) + K_2(Y_{ref}(t+1) - y(t+1, k))$$

Уравнения входного, выходного сигналов и вектора состояний определяются соответственно:

$$u(t, k+1) = u(t, k) + \Delta u(t, k+1)$$

$$x(t+1, k+1) = Ax(t, k+1) + Bu(t, k+1)$$



$$y(t, k + 1) = Cx(t, k + 1)$$

Желаемая траектория находится согласно формуле (19) и показана на рисунке 1.

$$Y_{ref}(i) = \frac{\pi t^2}{6} - \frac{\pi t^3}{27}, t \in [0, 3], i = 0, 1, \dots, M, \text{ где } M = \frac{3 - 0}{\Delta} \quad (19)$$

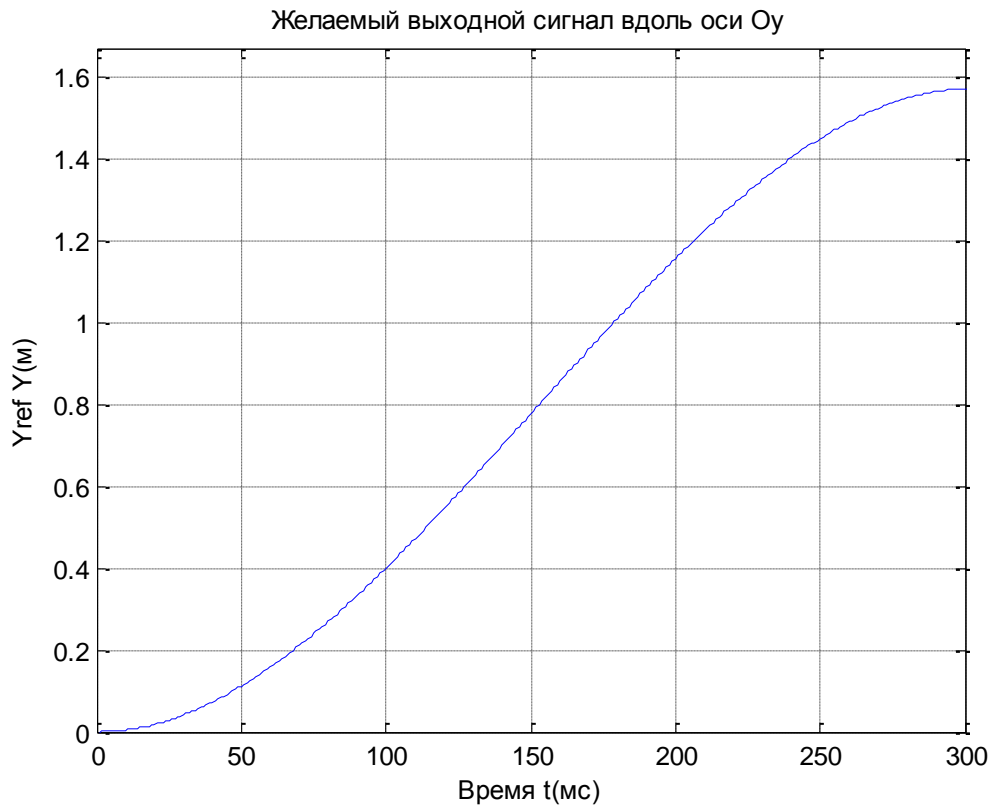


Рисунок 1. Желаемая траектория

При решении линейных матричных неравенств для рассматриваемой модели манипулятора с гибким соединением были получены соответствующие матрицы управления, в качестве параметров были приняты численные данные и учтён шаг дискретизации  $\Delta = 0.01$ .

$$K1 = [-23.4185 \quad -1.1611 \quad -0.3575 \quad -0.0381], \quad K2 = [6.0011]$$

Вычисления проводились в среде MATLAB с применением пакетов YALMIP и SEDUMI. Результаты моделирования представлены ниже.

Для лучшей наглядности достижения желаемого результата, график выходного сигнала представлен на рисунке 2 в виде:

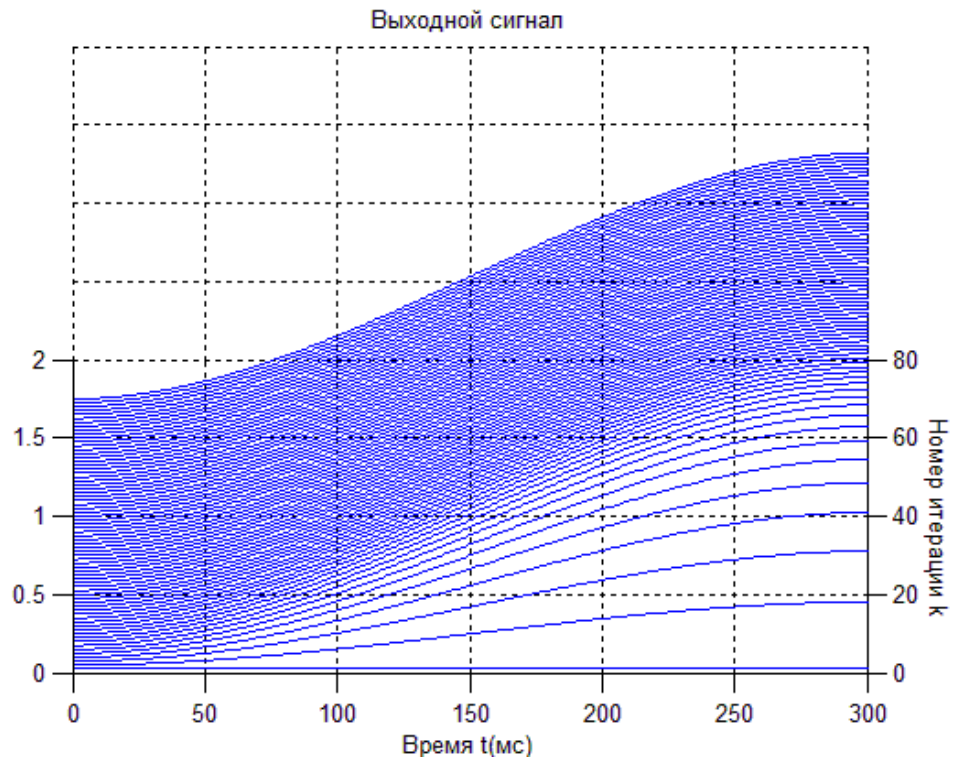


Рисунок 2. Выходной сигнал

На рисунке 3. показан график ошибки обучения на каждой итерации в каждый промежуток времени.

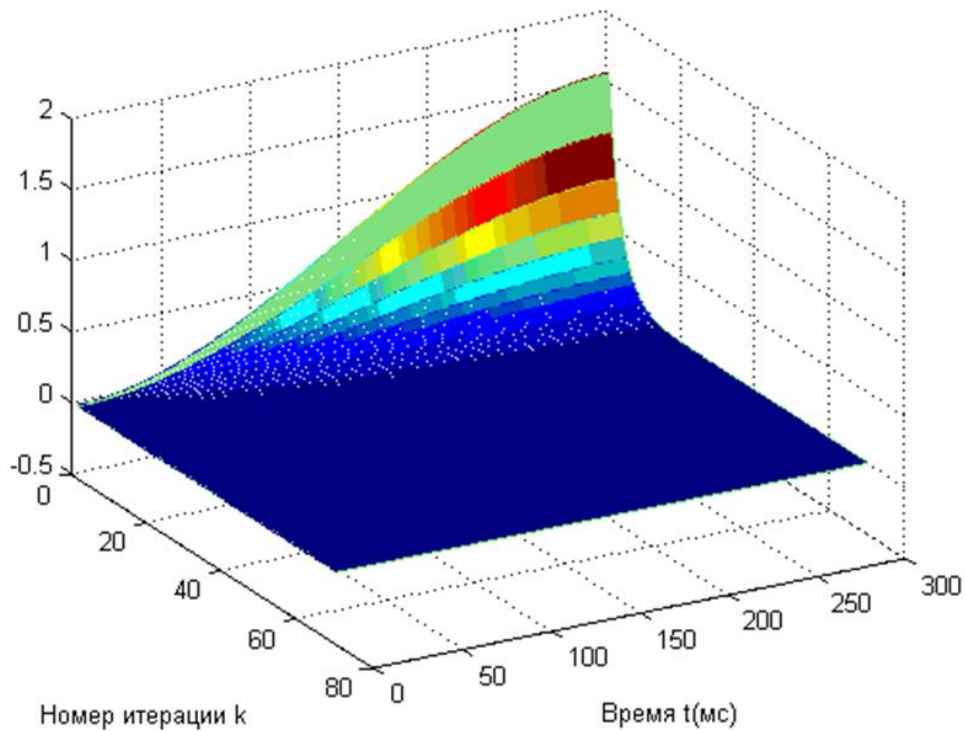


Рисунок 3. Ошибка обучения в каждый промежуток времени

На рисунке 4 представлен график полученной ошибки.

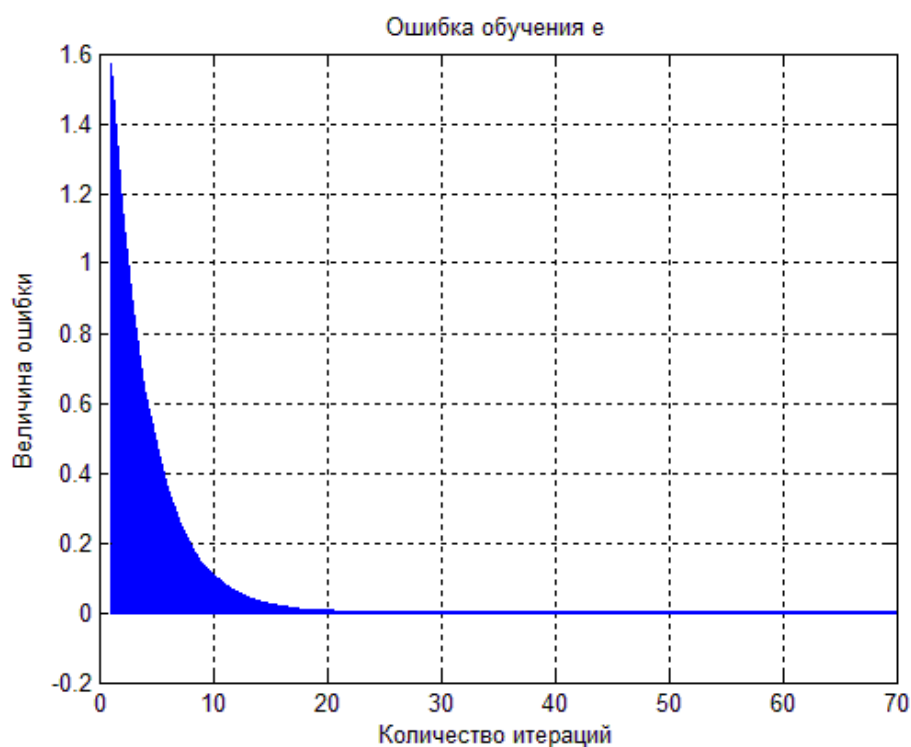


Рисунок 4. Ошибка обучения

На основании графиков ошибки можно с уверенностью сказать, что алгоритм итеративного обучения обеспечивает монотонную сходимость ошибки обучения.

Результаты численного моделирования манипулятора с гибким соединением показывают, что данный метод обеспечивает устойчивость системы во время итераций, а также имеет достаточно быструю сходимость.

Стоит отметить, что итеративное обучение берет за основу формирование человеческих навыков и условных рефлексов у животных. Таким образом, эти основы можно заложить в кибернетические и технические системы и тем самым обучить их. Алгоритм итеративного обучения может послужить фундаментальной базой для роботизированных устройств, использующихся в медицине. К примеру, в случае с парализованными людьми робот, имеющий встроенный алгоритм, на основании постоянно

повторяющихся движений может обучать человека снова и снова отрабатывать с ним утраченные навыки, тем самым помогая ему восстановить двигательную активность.

Существует много устройств, делающих современные производственные сферы более эффективными, а за роботизированными устройствами будущее. Поэтому полученный в ходе научной работы алгоритм может послужить отличной перспективой для развития, так как применение новаторского метода итеративного обучения является основополагающим, а его внедрение очень перспективным.

#### Библиографический список

1. Ahn, H.S. *Iterative learning control: brief survey and categorization* / Ahn, H.S, Chen Y., Moore K. // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. - 2007. – Part C, Vol. 37, №2. - P. 1109-1121.
2. Amann N. *2D systems theory applied to learning control systems* / Amann N., Owens D., Rogers E. // Proceedings of the 33rd IEEE Conference on Decision and Control, Lake Buena Vista, Florida, USA, 1994. - P. 985-986.
3. Apkarian J. *Rotary Flexible Joint – Workbook* / Apkarian J., Karam P., Levis M. // 2011 Quanser Inc
4. Kurek J.E. *Iterative learning control synthesis based on 2-D system theory* / Kurek J.E., Zaremba M.B. // IEEE Transactions on Automatic Control. - 1993. №38-P. 121-125.
5. SRV02 *User Manual*, 2009. Quanser Inc.
6. *User Manual Quanser Rotary Servo* // 2011 Quanser Inc
7. Xu J.X. *Linear and Nonlinear Iterative Learning Control* / Xu J.X., Tan Y. // Springer, 2003. - 196 p.
8. Емельянова Ю.П. *Стабилизация нелинейных дискретных повторяющихся процессов* / Емельянова Ю.П., Пакшин П.В. // Материалы XII Всероссийского совещания по проблемам управления «ВСПУ-2014». – Москва: ИПУ РАН, 2014. – С.849–860.

## Хритинина Л.В. Управление с итеративным обучением однозвенным гибким манипулятором

Iterative learning control of flexible link manipulator

**Хритинина Л.В.,**

Арзамасский политехнический институт  
(филиал) НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Арзамас

**Hritinina L.V.,**

Arzamas Polytechnical Institute of R.E.Alekseev  
Nizhny Novgorod State Technical University, Arzamas

**Аннотация:** В статье описывается синтез системы управления с итеративным обучением однозвенным гибким манипулятором. В процессе исследования применяется метод векторных функций Ляпунова и линейно-матричные неравенства, решена задача по нахождению условий устойчивости и матриц усиления управления с итеративным обучением. Кроме того, проведенное моделирование подтвердило правильность подхода к нахождению закона управления, а значит, с помощью управления с итеративным обучением может быть повышена точность выполнения операций системой, многократно повторяющей однотипные действия. Полученные результаты могут служить основой программно-алгоритмического обеспечения решения задач в различных областях применения управления с итеративным обучением

**Ключевые слова:** управление, управление с итеративным обучением, манипулятор, однозвенный гибкий манипулятор.

**Abstract:** The article describes the synthesis of iterative learning control of flexible link manipulator. In the process of research method of vector Lyapunov functions and linear matrix inequality are used and the problem of finding conditions for stability and matrix gain iterative learning control is solved. In addition, the simulation confirmed the correctness of the approach to finding a control law, and then, using iterative learning control can improve accuracy of operations by the system, repeating the same actions. The results can serve as the basis of program-algorithmic support of decision tasks in a variety of applications iterative learning control.

**Keywords:** control, iterative learning control, flexible link, manipulator.

### Введение

В настоящее время системы управления играют важную роль в развитии и достижениях цивилизации и современных технологий.

Управление с итеративным обучением – один из наиболее современных методов теории управления. Его можно характеризовать как подраздел интеллектуального управления. Оно основано на простой идее, заключающейся в том, что характеристики системы, многократно выполняющей однотипные операции, могут быть улучшены путем обучения на результатах предыдущих

операций (например, точность выполнения операций). Например, баскетбольный игрок, совершающий штрафные броски мяча из фиксированного положения, может улучшить свою точность попадания, многократно повторяя броски. Во время каждого броска игрок следит за траекторией мяча и осознанно планирует внесение изменений в движение мяча при следующей попытке. Когда игрок продолжает практиковаться, он обучается правильным движениям и доводит их до автоматизма. Поэтому точность бросков с каждым разом увеличивается. Структура движения конвергентных мышц – это управление в разомкнутом контуре, получаемое в результате повторения и обучения. Данный тип стратегии управления в разомкнутом контуре, полученный на основе накопления опыта – это основа управления с итеративным обучением.

Рассмотрим регуляторы для систем, которые многократно выполняют схожие операции в одинаковых условиях. Для подобных систем, не способные к обучению регуляторы дают одну и ту же ошибку слежения на каждом повторении. Несмотря на то, что сигналы ошибок на каждом повторении являются информационно-насыщенными, предоставляемая информация не используется не способными к обучению регуляторами. Цель управления с итеративным обучением заключается в том, чтобы улучшить показатели качества, учитывая текущую информацию об ошибках в управлении на последующих повторениях. Тем самым, несмотря на большую модельную неопределенность и действующие возмущения, можно достичь высокой производительности с низкой переходной ошибкой слежения.

В статье описывается синтез системы управления с итеративным обучением однозвенным гибким манипулятором, а также приводится пример моделирования синтезированной системы.

## Описание модели однозвенного гибкого манипулятора

Модель однозвенного гибкого манипулятора можно представить в виде диаграммы, изображенной на рисунке 1 [1].

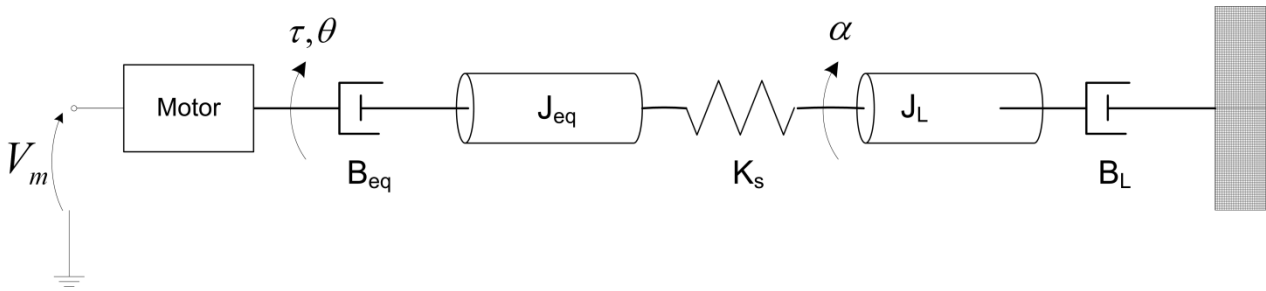


Рисунок 1. Модель с поворотным гибким звеном

Управляющая переменная – входное напряжение сервопривода  $V_m$ . Оно генерирует вращение  $\tau$  на механизме нагрузки, который поворачивает основание звена.  $B_{eq}$  – коэффициент вязкого трения сервопривода. Это трение препятствует вращению, которое применяется в механизме нагрузки сервопривода. Трение, действующее на звено, представлено коэффициентом вязкого затухания  $B_l$ . Наконеч, гибкое звено моделируется как линейная пружина с жесткостью  $K_s$ .

### Уравнения движения

С помощью уравнения Эйлера-Лагранжа найдем уравнения движения системы:

$$\frac{\partial^2 L}{\partial t \partial \dot{q}_i} - \frac{\partial L}{\partial q_i} = Q_i$$

где  $q_i$  – обобщенные координаты. Для этой системы предположим:

$$q(t)^T = [\theta(t) \quad \alpha(t)]$$

где  $\theta(t)$  – угол поворота сервопривода,  $\alpha(t)$  – угол отклонения гибкого звена.

Соответствующие скорости имеют вид:

$$\dot{q}(t)^T = \left[ \frac{\partial \theta(t)}{\partial t} \quad \frac{\partial \alpha(t)}{\partial t} \right]$$

Опустим переменную времени и обозначим  $\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt}$  и  $\dot{\alpha} = \frac{d\alpha}{dt}$ .

Если обобщенные координаты определены, то уравнения Эйлера–Лагранжа для системы с гибким манипулятором выглядят так:

$$\frac{\partial^2 L}{\partial t \partial \dot{\theta}} - \frac{\partial L}{\partial \theta} = Q_1 \quad (1)$$

и

$$\frac{\partial^2 L}{\partial t \partial \dot{\alpha}} - \frac{\partial L}{\partial \alpha} = Q_2 \quad (2)$$

Лагранжиан системы определяется формулой:

$$L = T - V \quad (3)$$

где  $T$  – обобщенная кинетическая энергия системы,  $V$  – обобщенная потенциальная энергия системы.

Поскольку гибкое звено прогибается под углом  $\alpha$ , на нем накапливается энергия, т.е. гибкое звено выступает в качестве упругого элемента. Уравнение потенциальной энергии, запасенной в упругом элементе, в терминах рисунка 1 запишется так:

$$V = \frac{1}{2} K_s \alpha^2 \quad (4)$$

Кинетическую энергию системы вносят поворот серводвигателя  $\theta$  и отклонение звена  $\alpha$ :

$$T = \frac{1}{2} J_{eq} \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} J_l (\dot{\theta} + \dot{\alpha})^2 \quad (5)$$

Обобщенные силы  $Q_i$  используются для описания неконсервативных сил (например, сила трения) и применяются к системе по отношению к обобщенным координатам. В этом случае, обобщенная сила, действующая на поворотный манипулятор равна

$$Q_1 = \tau - B_{eq} \dot{\theta} \quad (6)$$

Обобщенная сила, действующая на гибкое звено:

$$Q_2 = -B_l \dot{\alpha} \quad (7)$$

Момент вращения, приложенный к основанию поворотного манипулятора (т.е. к механизму нагрузки) генерируется усилителем в соответствии с уравнением



$$\tau = \frac{\eta_g K_g \eta_m k_t (V_m - K_g k_m \dot{\theta})}{R_m}$$

Вычислим лагранжиан системы. Подставив (4) и (5) в (3), получим:

$$L = \frac{1}{2} J_{eq} \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2} J_l (\dot{\theta} + \dot{\alpha})^2 - \frac{1}{2} K_s \alpha^2$$

Рассмотрим уравнение (1) и (2). Вычисляя производные в левой части и учитывая (6) и (7) получим систему уравнений:

$$\begin{cases} (J_{eq} + J_l) \ddot{\theta} + J_l \ddot{\alpha} + B_{eq} \dot{\theta} = \tau, \\ J_l \dot{\theta} + J_l \ddot{\alpha} + B_l \dot{\alpha} + K_s \alpha = 0. \end{cases}$$

Полагая  $B_l = 0$ , запишем уравнения движения относительно  $\ddot{\theta} = f_1(\theta, \dot{\theta}, \alpha, \dot{\alpha}, \tau)$  и  $\ddot{\alpha} = f_2(\theta, \dot{\theta}, \alpha, \dot{\alpha}, \tau)$ :

$$\begin{aligned} \ddot{\theta} &= -\frac{B_{eq}}{J_{eq}} \dot{\theta} + \frac{K_s}{J_{eq}} \alpha + \frac{1}{J_{eq}} \tau \\ \ddot{\alpha} &= \frac{B_{eq}}{J_{eq}} \dot{\theta} - K_s \left( \frac{J_l + J_{eq}}{J_{eq} J_l} \right) \alpha - \frac{1}{J_{eq}} \tau \end{aligned}$$

Уравнения движения в пространстве состояний запишутся следующим образом:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu \\ y &= Cx + Du \end{aligned} \tag{8}$$

где  $x = \begin{bmatrix} \theta \\ \alpha \\ \dot{\theta} \\ \dot{\alpha} \end{bmatrix}$  – вектор состояний,  $u$  – управляющий вход,  $A, B, C, D$  – матрицы

коэффициентов:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & \frac{K_s}{J_{eq}} & -\frac{B_{eq}}{J_{eq}} & 0 \\ 0 & -\frac{K_s(J_l + J_{eq})}{J_{eq} J_l} & \frac{B_{eq}}{J_{eq}} & 0 \end{bmatrix} \tag{9}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{J_{eq}} \\ -\frac{1}{J_{eq}} \end{bmatrix} \quad (10)$$

### Дискретная модель в пространстве состояний

Для принятой модели необходимо определить напряжение  $u$ , чтобы выходной сигнал манипулятора периодически соответствовал заданному сигналу  $u_d$  на интервале времени, а с увеличением количества итерации ошибка обучения сводилась к нулю.

Приведем уравнения состояния к дискретной форме, путем введения периода дискретизации  $\Delta$ .

Дискретный аналог системы (8) выглядит так:

$$\begin{aligned} x(t+1) &= A_D x(t) + B_D u(t) \\ y(t) &= C_D x(t) + D_D u(t) \end{aligned} \quad (11)$$

где матрицы коэффициентов вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned} A_D &= \exp(A\Delta), \\ B_D &= \int_0^{\Delta} \exp(A\tau) d\tau \cdot B \end{aligned}$$

Если к системе (11) применили закон управления с итеративным обучением, то, учитывая, что  $D_D = 0$ , динамика системы опишется так:

$$\begin{aligned} x_k(t+1) &= A_D x_k(t) + B_D u_k(t) \\ y_k(t) &= C_D x_k(t) \end{aligned} \quad (12)$$

с граничными условиями

$$\begin{aligned} u_0(t) &= 0, \quad 0 \leq t \leq T \\ x_k(0) &= x_0 \quad \text{для всех } k \end{aligned} \quad (13)$$

где  $A_D \in \mathbb{R}^{n \times n}$ ,  $B_D \in \mathbb{R}^{n \times 1}$ ,  $C_D \in \mathbb{R}^{1 \times n}$  – матрицы коэффициентов системы,  $t$  – время,  $k$  – номер итерации,  $y_k(t) \in \mathbb{R}^m$  – вектор выходных переменных,  $x_k(t) \in \mathbb{R}^n$  – вектор состояния,  $u_k(t) \in \mathbb{R}^r$  – входное управляющее воздействие

Управление на  $k$ -м шаге зададим в виде:

$$u_k(t) = u_{k-1}(t) + \Delta u_k(t), \quad (14)$$

где  $\Delta u_k(t)$  – корректирующая добавка к управлению на текущей  $k$ -ой итерации для формирования управления на следующей  $k+1$ -ой итерации.

Введем переменную, отвечающую за ошибку сигнала на  $k$ -ом шаге:

$$e_k(t) = y_d(t) - y_k(t), \quad (15)$$

где  $y_k(t)$  – выходной сигнал на  $k$ -ом шаге,  $y_d(t)$  – желаемый выходной сигнал.

Необходимо найти такое управление, при котором, основываясь на информации с текущего и предыдущего шагов, ошибка от итерации к итерации уменьшалась. Это условие запишется так:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} |e_k(t)| = 0$$

## 2D модель

В настоящее время широкое распространение получили такой тип 2D-моделей как модель линейного повторяющегося процесса. Общий вид выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} x_{k+1}(t+1) &= Ax_{k+1}(t) + B_0 y_k(t) + Bu_{k+1}(t) \\ y_k(t) &= Cx_{k+1}(t) + D_0 y_k(t) + Du_{k+1}(t) \end{aligned} \quad (16)$$

$$0 \leq t \leq T$$

$$k = 0, 1, 2, \dots$$

где  $k$  – номер повторения,  $t$  – дискретное время на  $k$ -ой итерации,  $x_k(t) \in \mathbb{R}^n$  – вектор состояния на текущей итерации,  $y_k(t) \in \mathbb{R}^m$  – вектор выходных переменных,  $u_k(t) \in \mathbb{R}^r$  – вектор входных переменных,  $A$ ,  $B_0$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D_0$ ,  $D$  – матрицы соответствующих размерностей.

Граничные условия задаются в виде:

$$\begin{aligned}x_{k+1}(0) &= d_{k+1}, \quad k \geq 0, \\y_0(t) &= f(t), \quad 0 \leq t \leq T, \\y_0(t) &= 0, \quad t > T,\end{aligned}$$

где  $d_{k+1}$  – известный вектор размерности  $n \times 1$ ,  $f(t)$  – известный вектор размерности  $m \times 1$

Заметим, что отличительной особенностью данного типа 2D моделей является то, что вектор профиля повторения  $y_k(t)$  всегда изменяется на конечном интервале времени  $0 \leq t \leq T$ .

Преобразуем модель (12) с законом управления (14) и ошибкой сигнала (15) к виду (16).

Для начала, запишем систему (12) в следующей форме:

$$\begin{aligned}x_k(t) &= Ax_k(t-1) + Bu_k(t-1) \\y_k(t) &= Cx_k(t)\end{aligned}$$

Введем вспомогательную переменную:

$$\eta_{k+1}(t+1) = x_{k+1}(t) - x_k(t) \quad (17)$$

Тогда, используя (15) и (17), получим систему уравнений линейного дискретного повторяющегося процесса:

$$\begin{aligned}\eta_{k+1}(t+1) &= A_D \eta_{k+1}(t) + B_D \Delta u_{k+1}(t-1) \\e_{k+1}(t) &= e_k(t) - C_D A_D \eta_{k+1}(t) - C_D B_D \Delta u_{k+1}(t-1)\end{aligned} \quad (18)$$

Сформируем корректирующую поправку следующим образом:

$$\Delta u_{k+1}(t-1) = K_1 \eta_{k+1}(t) + K_2 e_k(t) \quad (19)$$

Тогда, с учетом (19), уравнения (18) запишутся так:

$$\begin{aligned}\eta_{k+1}(t+1) &= (A_D + BK_1) \eta_{k+1}(t) + B_D K_2 e_k(t) \\e_{k+1}(t) &= (-C_D A_D - C_D B_D K_1) \eta_{k+1}(t) + (I - C_D B_D K_2) e_k(t)\end{aligned} \quad (20)$$

В матричной форме:

$$\begin{bmatrix} \eta_{k+1}(t+1) \\ e_{k+1}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_D + BK_1 & B_D K_2 \\ -C_D A_D - C_D B_D K_1 & I - C_D B_D K_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_{k+1}(t) \\ e_k(t) \end{bmatrix}$$

Обозначим  $A = \begin{bmatrix} A_D + BK_1 & B_D K_2 \\ -C_D A_D - C_D B_D K_1 & I - C_D B_D K_2 \end{bmatrix}$ .

Заметим, что (19) можно рассматривать как стабилизирующее управление, если оно обеспечивает экспоненциальную устойчивость по профилю повторения (20).

Для того чтобы найти коэффициенты усиления  $K_1$  и  $K_2$ , воспользуемся методом векторных функций Ляпунова.

### Устойчивость 2D модели

Введем функцию

$$\vec{V}(\eta_{k+1}(t), e_k(t)) = \begin{bmatrix} V_1(\eta_{k+1}(t)) \\ V_2(e_k(t)) \end{bmatrix} \quad (21)$$

где

$$V_1(\eta_{k+1}(t)) = \eta_{k+1}^T(t) P_1 \eta_{k+1}(t) \succ 0$$

$$\eta_{k+1} \neq 0, \quad V_1(0) = 0$$

$$V_2(e_k(t)) = e_k^T(t) P_2 e_k(t) \succ 0$$

$$e_k \neq 0, \quad V_2(0) = 0$$

Зададим дискретный аналог оператора дивергенции в силу системы (20)

в виде:

$$\text{div } \vec{V}(\eta_{k+1}(t), e_k(t)) = \Delta_t V_1(\eta_{k+1}(t)) + \Delta_k V_2(e_k(t)), \quad (22)$$

где

$$\Delta_t V_1(\eta_{k+1}(t)) = V_1(\eta_{k+1}(t+1)) - V_1(\eta_{k+1}(t))$$

$$\Delta_k V_2(e_k(t)) = V_2(e_{k+1}(t)) - V_2(e_k(t))$$

Тогда если функция (21), для которой оператор дивергенции (22) вдоль траекторий системы (20) удовлетворяет неравенствам

$$c_1 |\eta_{k+1}(t)|^2 \leq V_1(\eta_{k+1}(t)) \leq c_2 |\eta_{k+1}(t)|^2,$$

$$c_1 |e_k(t)|^2 \leq V_2(e_k(t)) \leq c_2 |e_k(t)|^2,$$

$$\text{div } \vec{V}(\eta_{k+1}(t), e_k(t)) \leq -c_3 (|\eta_{k+1}(t)| + |e_k(t)|^2)$$

в предположении, что  $c_1, c_2, c_3$  – существующие положительные константы, то процесс (20) является экспоненциально устойчивым относительно повторений [2].

Достаточные условия экспоненциальной устойчивости относительно повторений получим вычисляя оператор дивергенции вдоль траекторий системы:

$$P = \begin{bmatrix} P_1 & 0 \\ 0 & P_2 \end{bmatrix} \succ 0 \quad (23)$$

$$A^T P A - P + Q \prec 0$$

где  $A = \begin{bmatrix} A_D + B K_1 & B_D K_2 \\ -C_D A_D - C_D B_D K_1 & I - C_D B_D K_2 \end{bmatrix}$ ,  $Q = Q^T \succ 0$ .

Учитывая условия (23) в контуре управления с обратной связью по ошибке, получим следующее неравенство, отвечающее за устойчивость повторяющегося процесса:

$$\tilde{A}^T P \tilde{A} - P + Q + K^T R K \prec 0 \quad (24)$$

где  $\tilde{A} = \hat{A} + \hat{B}K$ ,

$$\hat{A} = \begin{bmatrix} A_D & 0 \\ -C_D A_D & I \end{bmatrix},$$

$$\hat{B} = \begin{bmatrix} B_D K_1 \\ -C_D B_D \end{bmatrix},$$

$$K = [K_1 \quad K_2]$$

Перепишем неравенство (24) в следующем виде:

$$(\hat{A} + \hat{B}K)^T P (\hat{A} + \hat{B}K) - P + Q + K^T R K \prec 0 \quad (25)$$

Введем замену переменной

$$X = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_1^{-1} & 0 \\ 0 & P_2^{-1} \end{bmatrix} = P^{-1}$$

$$X \succ 0 \quad (26)$$

и умножим (25) слева и справа на  $-X$ :

$$X - (\hat{A}X + \hat{B}KX)^T X^{-1} (\hat{A}X + \hat{B}KX) - XQX - (KX)^T R (KX) \succ 0 \quad (27)$$

Обозначим  $Y = KX$ . Откуда

$$K = YX^{-1} \quad (28)$$

Тогда (27) примет вид:

$$\begin{bmatrix} X & (\hat{A}X + \hat{B}Y)^T & X & Y^T \\ \hat{A}X + \hat{B}Y & X & 0 & 0 \\ X & 0 & Q^{-1} & 0 \\ Y & 0 & 0 & R^{-1} \end{bmatrix} \succ 0 \quad (29)$$

Таким образом, (26), (28) и (29) образуют систему линейно-матричных неравенств, с помощью которой можно найти условия устойчивости:

$$\begin{matrix} X \succ 0 \\ \\ \begin{bmatrix} X & (\hat{A}X + \hat{B}Y)^T & X & Y^T \\ \hat{A}X + \hat{B}Y & X & 0 & 0 \\ X & 0 & Q^{-1} & 0 \\ Y & 0 & 0 & R^{-1} \end{bmatrix} \succ 0 \end{matrix} \quad (30)$$

где  $\hat{A} = \begin{bmatrix} A_D & 0 \\ -C_D A_D & I \end{bmatrix}$ ,  $\hat{B} = \begin{bmatrix} B_D K_1 \\ -C_D B_D \end{bmatrix}$  – матрицы коэффициентов.

Откуда

$$K = YX^{-1}$$

где  $K = [K_1 \quad K_2]$  – матрица коэффициентов усиления.

Из приведенных рассуждений вытекает следующее утверждение.

**Теорема 1** [2, с.84]. *Если линейные матричные неравенства (30) разрешимы для  $X_1 \succ 0, X_2 \succ 0$ , то алгоритм УИО сходится, а коэффициенты усиления  $K_1$  и  $K_2$  могут быть найдены по формулам*

$$K_1 = Y_1 X_1^{-1}, \quad K_2 = Y_2 X_2^{-1}.$$

### **Моделирование системы**

На основе полученных результатов, проведем синтез системы управления однозвенным гибким манипулятором (рисунок 2).

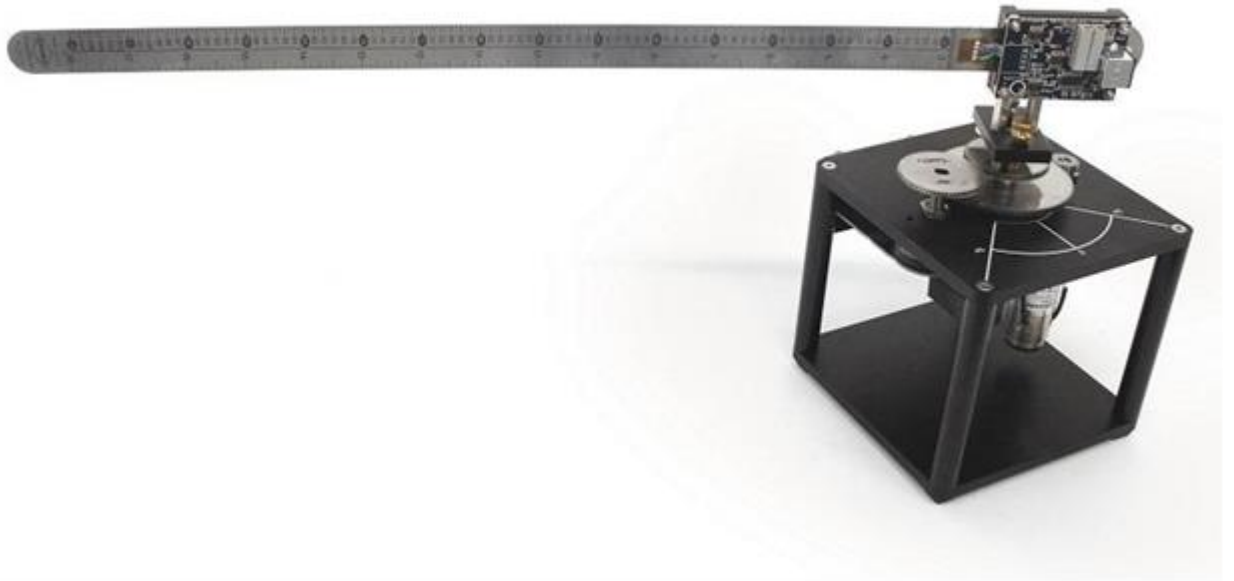


Рисунок 2. Однозвенный гибкий манипулятор

Моделирование будем проводить на персональном компьютере под управлением операционной системы Windows в среде программирования MATLAB с использованием пакетов YALMIP и SeDuMi.

Установим следующие значения параметров матриц коэффициентов (9) и (10) линейной модели (8):

$$\begin{aligned} B_{eq} &= 0.004 \text{ Н} \cdot \text{м} / (\text{рад} / \text{с}); \\ J_{eq} &= 2.08 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \\ m_l &= 0.065 \text{ кг}; \\ L_l &= 0.419 \text{ м}; \\ J_l &= 0.0038 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \\ K_s &= 1.3 \text{ Н} \cdot \text{м} / \text{рад}. \end{aligned}$$

Тогда сами матрицы коэффициентов (9) и (10) примут вид:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 625.0000 & -1.9231 & 0 \\ 0 & -967.1053 & 1.9231 & 0 \end{bmatrix}$$
$$B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 480.7692 \\ -480.7692 \end{bmatrix}$$



Гибкий манипулятор описывается дискретной системой (11) с периодом дискретизации  $\Delta=0.01$  и следующими матрицами параметров:

$$A_D = \begin{bmatrix} 1 & 0.0308 & 0.0099 & 0.0001 \\ 0 & 0.9522 & 0.0001 & 0.0098 \\ 0 & 6.0908 & 0.9812 & 0.0308 \\ 0 & -9.4572 & 0.0187 & 0.9522 \end{bmatrix}$$

$$B_D = \begin{bmatrix} 0.0238 \\ -0.0237 \\ 4.7124 \\ -4.6852 \end{bmatrix}$$

$$C_D = [1 \ 0 \ 0 \ 0]$$

Основываясь на результатах теоремы, получим следующие коэффициенты матриц стабилизирующего управления:

$$K_1 = [-21.5667 \ -1.1761 \ -0.3491 \ -0.0391]$$

$$K_2 = [2.5504]$$

Желаемая траектория, график которой представлен на рисунке 3, выходного сигнала описывается уравнением

$$y_d = \frac{\pi^2}{6} - \frac{\pi^3}{27},$$

где  $t$  – время,  $t \in [0; 3]$

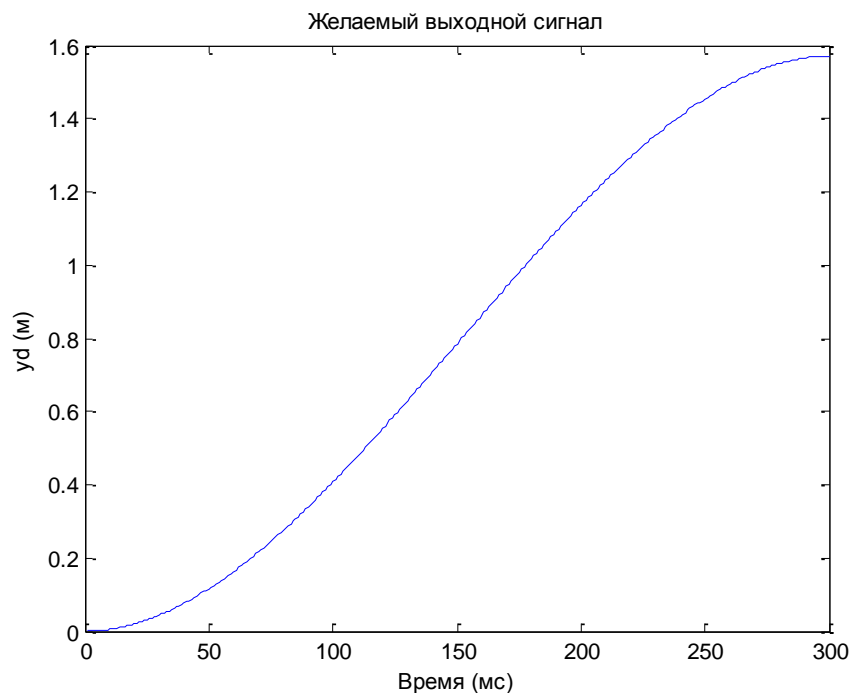


Рисунок 3. Желаемая траектория выходного сигнала

На рисунке 4 показано множество траекторий выходного сигнала, получающиеся в результате моделирования на итерациях.

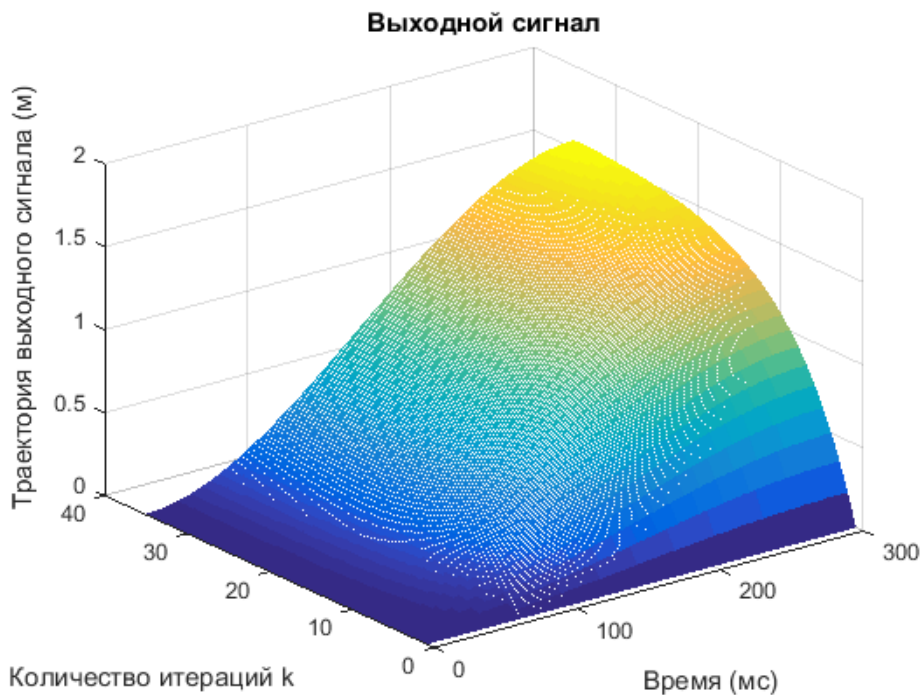


Рисунок 4. Траектория выходного сигнала

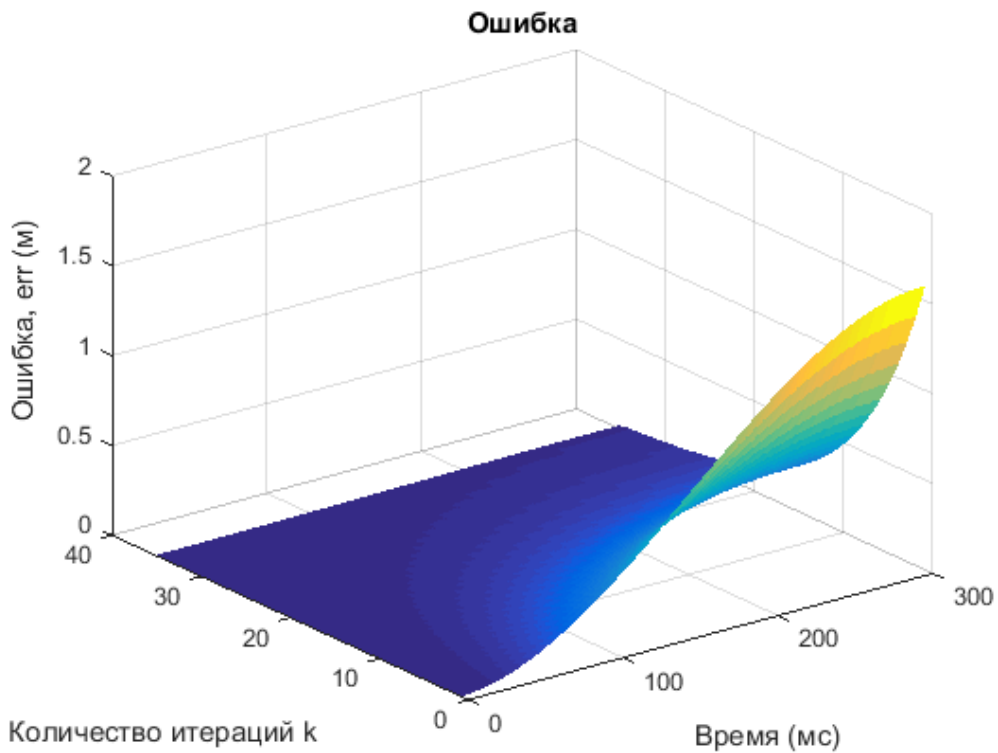


Рисунок 5. График ошибки обучения

На рисунке 5 представлено множество значений, представляющих из себя разность между желаемой и текущей траекториями выходного сигнала. Этот рисунок наглядно изображает монотонную сходимость ошибки обучения к нулю. Кроме того, заметно, что скорость ее сходимости высока. Особенно хорошо это проиллюстрировано на рисунке 6, на котором изображена проекция ошибки обучения выходного сигнала на плоскость  $YOZ$ .

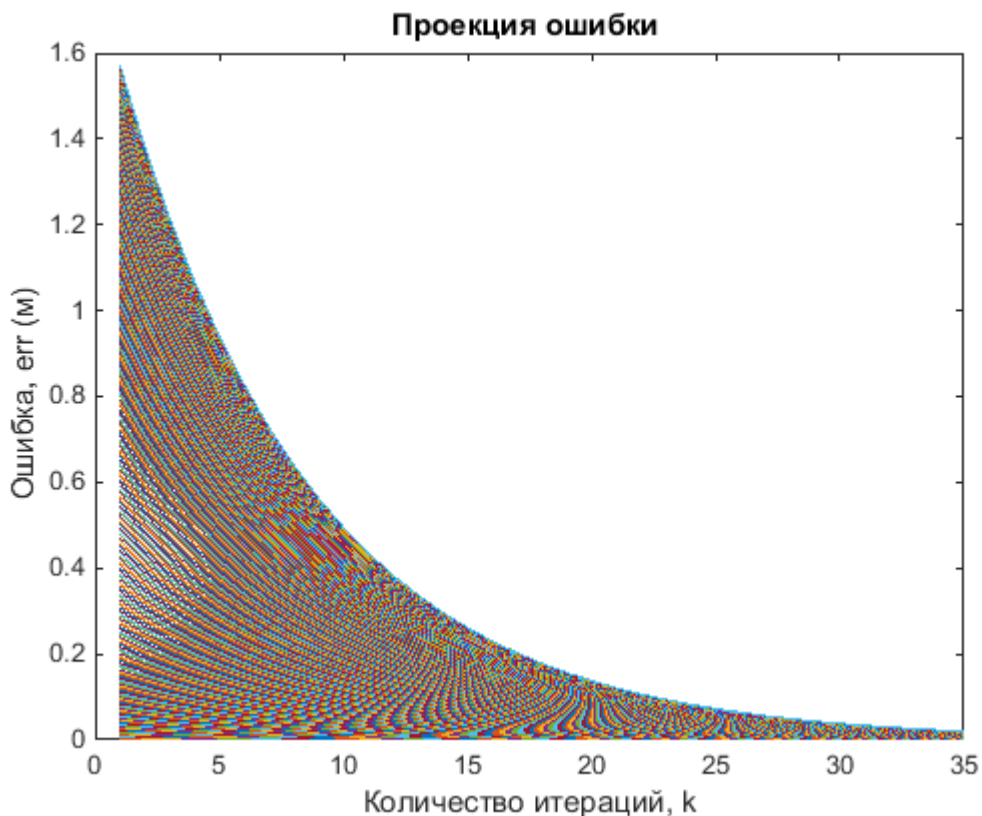


Рисунок 6. Проекция графика ошибок на плоскость  $YOZ$

Таким образом, результаты моделирования синтезированной системы управления с итеративным обучением показали, что разработанный алгоритм управления однозвенным гибким манипулятором оказался достаточно эффективным.

#### Заключение

Управление с итеративным обучением – один из наиболее современных методов теории управления. Рассматривая модель однозвенного гибкого манипулятора, выведены уравнения его динамики. На их основе описана

система уравнений в непрерывном времени. Осуществлен переход сначала к модели в дискретном времени, а затем к 2D системе. Задача по определению условий устойчивости и матриц усиления решена применяя аппарат линейно-матричных неравенств и метод векторных функций Ляпунова. Кроме того, используя данные о работе манипулятора было проведено моделирование синтезированной системы с найденным управлением, которое показало, что разность между желаемой и текущей траекторией сходится к нулю, т.е. точность выполняемых однозвенным гибким манипулятором действий повышена.

#### Библиографический список

1. Apkarian J. *Flexible Link Experiment for Matlab®/Simulink® Users: Instructor Workbook*/ J. Apkarian, P. Karam, M. Lévis // Quanser Inc. –2011
2. Емельянова Ю.П. *Устойчивость и стабилизация нелинейных 2D систем*: дис.на соиск.учен.степ.канд.физ.-мат.наук. АПИ (филиал) НГТУ, Нижний Новгород, 2014.

Электронное научное издание

# **ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Сборник научных трудов  
по материалам I международной  
научно-практической конференции

30 сентября 2016 г.

По вопросам и замечаниям к изданию, а также предложениям к сотрудничеству  
обращаться по электронной почте [mail@scipro.ru](mailto:mail@scipro.ru)

Подготовлено с авторских оригиналов

ISBN 978-5-00-006305-8

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 3.5. Тираж 500 экз.  
Издательство Индивидуальный предприниматель Краснова Наталья Александровна  
Адрес редакции: Россия, 603186, г. Нижний Новгород, ул. Бекетова 53.