

ТЕХНОПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО И НАУКА КАК ОДНО ЦЕЛОЕ

Применение имитационного и физического моделирования пневмоприводов при создании эффективных инструментов инженерного обучения и проектирования

Дорогин К.К., Привалов М.Е., Слузов И.Е.

Студенты

Маслов Н. А.

Канд. техн. наук, доцент

Сибирский государственный университет путей сообщения,

факультет «Управление транспортно-технологическими комплексами»,

Новосибирск, Россия

E-mail: namaslov@mail.ru

Практическое изучение пневмопривода – важный этап при подготовке инженерных кадров к созданию, модернизации и эксплуатации подъемно-транспортных, путевых, строительных и дорожных машин. Пневмопривод предназначен для приведения в движение машин и механизмов посредством энергии сжатого воздуха. Эффективное освоение дисциплины «Гидравлика и гидропневмопривод», а также выполнение научных исследований возможно с использованием интерактивных средств обучения – физических (натурных) и имитационных (программных) моделей гидро- и пневмоприводов. Практическое применение этих средств в учебном процессе и научном эксперименте требует разработки специализированного методического обеспечения.

Цель работы – разработка имитационных и физических моделей пневмоприводов и методического обеспечения к ним для выполнения лабораторных работ, таких как: «Изучение работы пневмопривода поступательного действия при переменном давлении на входе и медленном выдвигании штока пневмоцилиндра», «Изучение видов управления, схем и работы пневматических распределителей», «Реализация схем «с самоподхватом» с использованием электроавтоматики».

Задачи первой лабораторной работы:

1. Сборка схемы пневмопривода на физической модели и нахождение фактической силы на штоке при разных давлениях в поршневой полости;
2. Сборка и отладка схемы пневмопривода в программе SimulationX и получение теоретической зависимости силы на штоке пневмоцилиндра от давления в поршневой полости;
3. Сравнение результатов физического и имитационного моделирования.

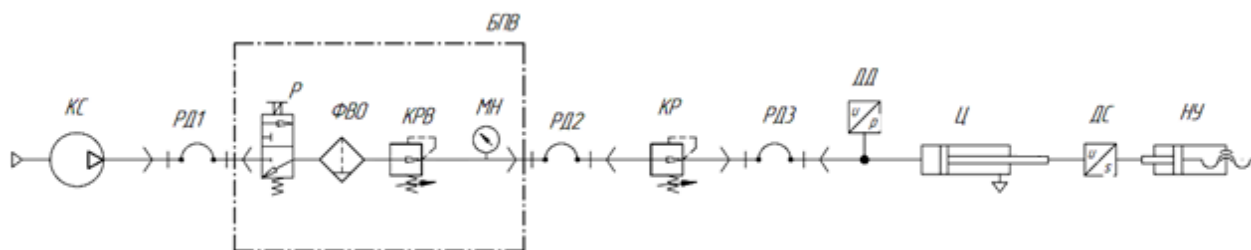
Процесс разработки имитационной модели пневмопривода в программе SimulationX рассмотрим на основе методики выполнения одной из лабораторных работ на учебном пневмостенде. Задачами этой лабораторной работы являются: изучение устройства и работы пневмопривода поступательного действия; измерение силы F на штоке пневмоцилиндра и давления p в поршневой полости пневмоцилиндра; построение графика зависимости силы на штоке пневмоцилиндра от давления воздуха в его поршневой полости.

Для составления расчетной схемы имитационной модели пневмопривода разработана комбинированная объединенная схема пневмопривода. В программе SimulationX из выбранных элементов выполнена сборка и первичная отладка упрощенной расчетной схемы модели пневмопривода (рисунок 2). Заданы параметры элементов схемы.

В результате численного расчета на имитационной модели получена теоретическая зависимость силы на штоке пневмоцилиндра в функции давления воздуха в его поршневой полости.

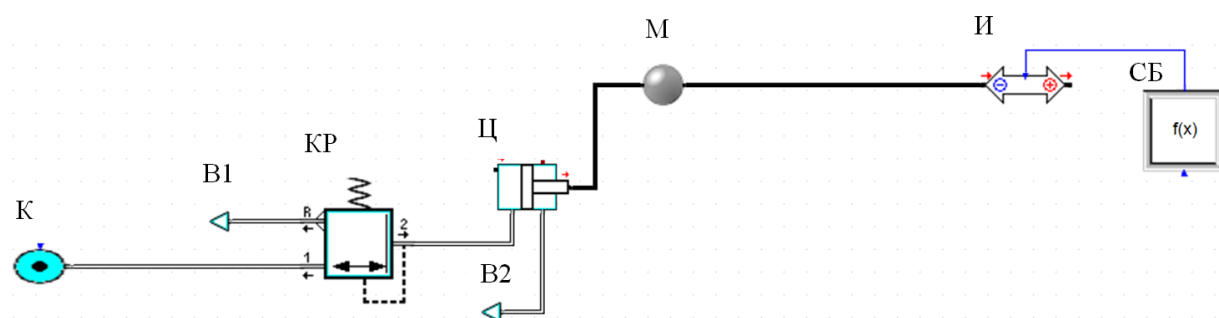
Затем на учебном пневмостенде «ЭПС-СУУ-ЦУ-018-01» была собрана физическая модель пневмопривода поступательного действия, на которой проведен физический

эксперимент – измерены сила на штоке пневмоцилиндра и давление в его поршневой полости. Построен график зависимости между ними. Относительные отклонения результатов физического (на учебном стенде) и имитационного (в программе SimulationX) моделирования составляют менее 30%.



БПВ – блок подготовки воздуха (Р – пневмораспределитель;
 Ф – фильтр-влагоотделитель; КРВ – редукционный пневмоклапан; МН – манометр);
 Ц – пневмоцилиндр; КР – редукционный пневмоклапан; КЛР – напорный коллектор;
 ДД – датчик давления на входе Ц; КС – компрессорная станция;
 ДС – датчик силы на штоке Ц; РД1, РД2, РД3 – рукава давления;
 НУ – нагрузочное устройство

Рисунок 1 – Комбинированная объединенная схема физической модели пневмопривода поступательного действия



К – компрессор; B1, B2 – связи с атмосферой (выхлопы); КР – редукционный клапан;
 Ц – пневмоцилиндр; М – масса; СБ – сигнальный блок; И – источник силы

Рисунок 2 – Упрощенная расчетная схема имитационной модели пневмопривода поступательного действия в программе SimulationX

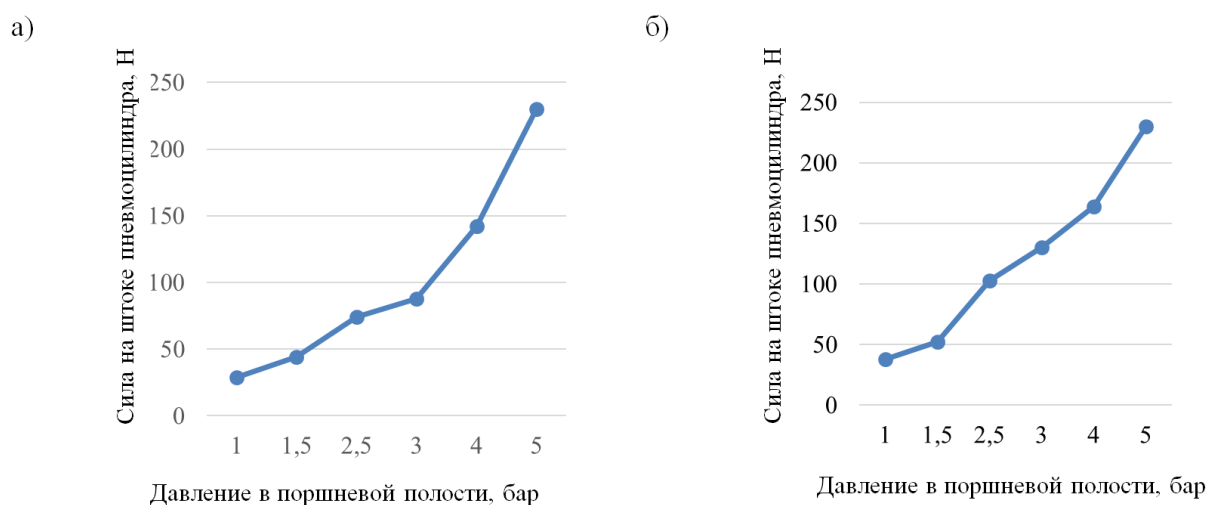


Рисунок 3 – Результаты моделирования (зависимости силы на штоке пневмоцилиндра от давления в его поршневой полости): а – имитационного (в программе SimulationX);

б – физического (на стенде)

Результаты физического моделирования будут использованы для уточнения параметров (отладки) имитационной модели пневмопривода поступательного действия в программе SimulationX.

При использовании реального пневмопривода во время обучения эффективность курса обучения будет достигать 100%. При использовании только имитационной модели на персональном компьютере эффективность полученных знаний начнет значительно снижаться после 40% продолжительности обучения. Самым доступным и эффективным инструментом обучения является совмещение имитационных моделей и учебных пневмостендов (один к одному). При этом эффективность обучения станет чуть ниже 100%, но не более чем на 10%, что является допустимым. Такой баланс применения инструментов обучения является наиболее оптимальным, т.к. позволяет найти компромисс между эффективностью и стоимостью обучения.

Конечным продуктом научного исследования является перспективная методика подготовки студентов инженерных ВУЗов в области пневмопривода.

Работа выполнена в студенческом научном объединении «Механик» Сибирского государственного университета путей сообщения [1-5].

Литература

1. Маслов, Н. А., Бондарев Э.С. Применение имитационного моделирования при подготовке по рабочей профессии машинист укладочного крана // Электронные образовательные технологии: решения, проблемы, перспективы : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 23–24 апреля 2019 г.) – Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2019. – 286 с., с.142-146.

2. Маслов, Н. А., Примычкин А.Ю. Имитационное моделирование систем рулевого управления горных, строительных и дорожных машин // Электронные образовательные технологии: решения, проблемы, перспективы: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 23–24 апреля 2019 г.) – Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2019. – 286 с., с.147-151.

3. Яковлева, Е.А., Маслов, Н.А. Имитационные модели привода механизма переключения стрелочного перевода [Текст] / Е.А. Яковлева, Н.А. Маслов // НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ // Сборник научных трудов в 10 ч. / под ред. Соколовой Д.О. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2021. Часть 2. – 298 с., с.244-247.

4. Маслов, Н. А., Яковлева Е.А. Имитационное моделирование систем управления и электроприводов стрелочных переводов // Цифровые трансформации в образовании (E-Digital Siberia'2022) : материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. (Новосибирск, 20–21 апреля 2022 г.) – Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2022. – 446 с., с.221-229.

5. Куспекова, Э.А., Маслов, Н.А. Разработка методического обеспечения для учебных пневмостендов // НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ // НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ: XVI Всероссийская научная конференция молодых ученых (г. Новосибирск, 05-08 декабря 2022 г.) // Сборник научных трудов в 11 ч. / под ред. Казьминой А.С. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022. Часть 11. – 306 с., с.158-161.

Разработка методики определения инновационных параметров гидропривода вращательного действия

Толстов М. А.

Студент

Маслов Н. А.

Канд. техн. наук, доцент

*Сибирский государственный университет путей сообщения,
факультет «Управление транспортно-технологическими комплексами»,*

Гидропередача – тип передач машин, в которых для передачи энергии используется гидравлическое масло. Благодаря своей компактности, простоте защиты от перегрузок, возможности глубокого и бесступенчатого регулирования скорости, а также простоте кинематики и компоновки он стал самым распространённым видом привода в подъёмно-транспортных, путевых и дорожно-строительных машинах [1]. Однако, для гидропривода характерны сложность выявления неисправностей, высокие требования к квалификации обслуживающего персонала, техническому оснащению рабочих мест и качеству ремонта. Это приводит к повышению затрат на техническое обслуживание и ремонт гидропривода (далее – ТО и Р). Одним из решений задач снижения затрат на ТО и Р гидропривода является совершенствование методов его диагностирования, что позволит уменьшить число и снизить стоимость технических воздействий, предотвратить критические отказы. Диагностика гидроприводов подразумевает измерение параметров его функционирования, измерение или расчет параметров диагностирования. В настоящий момент активно проводятся работы по разработке новых методов диагностирования гидропривода в динамических режимах, включающих измерение и расчет новых, ранее не использовавшихся его параметров [2]. Разработка новых диагностических методик в области гидравлических приводов требует проведения множество сложных численных расчётов. Решить эту проблему можно применением численных расчётов на имитационных моделях. Имитационная модель – логико-математическое описание реального объекта, которое может быть использовано для компьютерных экспериментов при его проектировании, исследовании и анализе.

Цель работы – создание методики определения инновационных параметров гидропривода вращательного действия (далее – гидропривода) для его диагностирования в режиме торможения.

Задачи работы:

1. Сравнительный анализ существующих параметров функционирования и диагностирования гидропривода в квазистатическом и динамическом режимах;
2. Обоснование выбора перспективных параметров функционирования и диагностирования гидропривода;
2. Вывод расчетных зависимостей для определения перспективных параметров функционирования и диагностирования гидропривода;
3. Выбор исходных данных и расчётных параметров имитационной модели гидропривода вращательного действия (с насос-гидромотором в качестве гидродвигателя);
4. Сборка расчётной схемы и отладка имитационной модели гидропривода в программе SimulationX;
5. Выполнение примера численных расчётов перспективных параметров функционирования и диагностирования насос-гидромотора в режиме торможения;
6. Постановка задач численных (планирование) экспериментов на имитационной модели для её дальнейшего использования при разработке методик и систем диагностирования гидропривода.

Одним из основных режимов работы гидропривода является выключение (и торможение) насос-гидромотора (в этом режиме в этом режиме насос-гидромотор работает как «насос», возникает инерционная перегрузка при торможении, величину которой обычно ограничивает предохранительный клапан вторичной защиты).

Параметры объекта диагностирования делятся на три группы: технического состояния, функционирования и диагностирования. Параметрами технического состояния элементов гидропривода являются, например, зазоры в сопряжениях. Параметры функционирования – давление и расход гидравлического масла, силовые и

скоростные параметры на валах и другие, каждый из которых, как правило, измеряется своим датчиком или измерительным прибором. Параметр диагностирования – один или несколько параметров функционирования, измеренных непосредственно, или вычисленный через параметры функционирования.

Известен статопараметрический метод диагностирования гидроприводов вращательного действия и их элементов. Он основан на измерении расхода гидравлического масла при установившейся работе гидропривода, номинальном давлении и фиксированных частотах вращения валов насоса и насос-гидромотора. Недостатками этого метода являются повышенные энергоёмкость и продолжительность диагностирования гидропривода вращательного действия и его элементов.

Предлагается диагностировать гидроприводы вращательного действия и их элементы в динамическом режиме – при торможении насос-гидромотора. При этом исключается продолжительная работа гидропривода вращательного действия в установившемся режиме, что сокращает время диагностирования, например, насос-гидромотора и затраты энергии на него [3].

Некоторые параметры функционирования насосов при статопараметрическом методе диагностирования: частота вращения вала p_H , расходы и давления в напорной (Q_H, p_H) и дренажной линиях (Q_{yH}, p_{yH}) соответственно.

Некоторые параметры диагностирования насосов при статопараметрическом методе диагностирования: КПД объёмный η_{HO} , гидромеханический η_{HGM} , полный η_H , коэффициент расхода k_Q .

Для перспективной методики диагностирования гидроприводов в динамическом режиме (при торможении насос-гидромотора) предложены следующие параметры функционирования:

- перепад давления на насос-гидромоторе Δp_H ;
- расход в напорной линии насос-гидромотора Q_H ;
- частота вращения вала насос-гидромотора n_H [4].

Для перспективной методики диагностирования гидроприводов в динамическом режиме (при торможении насос-гидромотора) предложены следующие параметры диагностирования:

- коэффициент расхода динамический насос-гидромотора $k_Q^{дин}$;
- угловое замедление вала насос-гидромотора ε_H ;
- время торможения вала насос-гидромотора t_T [4].

Параметры n_H , ε_H и t_T могут быть как параметрами функционирования, так и диагностирования.

Использование перспективных параметров диагностирования позволит серьёзно упростить и удешевить измерительную систему (стационарного стенда, переносной или бортовой системы диагностирования или мониторинга).

Расчётные зависимости, связывающие параметры диагностирования и необходимые для их вычисления параметры функционирования, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры функционирования и расчётные зависимости для вычисления перспективных параметров диагностирования

Параметр диагностирования	Расчётная зависимость	Необходимые для вычисления параметры функционирования
$k_Q^{дин}$	$k_Q^{дин} = [(Q_H \cdot n_0) \cdot (Q_0 \cdot n_H)] \cdot [1 + (\Delta p_H - \Delta p_0)/E]$ где E – модуль упругости гидравлического масла; n_H и n_0 – частоты вращения вала при номинальном Δp_H и минимальном	$Q_H; Q_0; \Delta p_H; \Delta p_0; n_H; n_0$

	возможном Δp_0 ; Q_0 – расход в напорной линии при Δp_0	
ε_H	$\varepsilon_H = 2 \cdot \pi \cdot \Delta n_H / \Delta t_T$	n_H ; t_T

Из-за сложности законов функционирования гидравлических клапанов в составе гидропривода ручные расчёты параметров его функционирования в динамических режимах крайне трудоёмки. Для уменьшения трудоёмкости и стоимости исследований целесообразно выполнять численные расчёты параметров функционирования гидроприводов и их элементов на имитационных моделях в специализированном программном обеспечении, например, SimulationX [5,6].

Объект исследования – насос-гидромотор, функционирующий в режиме торможения.

Предметы исследования – инновационные параметры функционирования и диагностирования насос-гидромотора в режиме торможения.

Цель исследования – получение на имитационной модели гидропривода графиков зависимостей и значений параметров функционирования и диагностирования насос-гидромотора в режиме «насос» при торможении, как в функции времени, так и за принятые промежутки времени, анализ динамических процессов при торможении насос-гидромотора с использованием результатов численных расчетов.

На рисунке 1 представлена собранная для выполнения численных расчётов расчётная схема имитационной модели гидропривода вращательного действия. Она включает в себя ранее собранную и отлаженную подмодель предохранительного клапана.

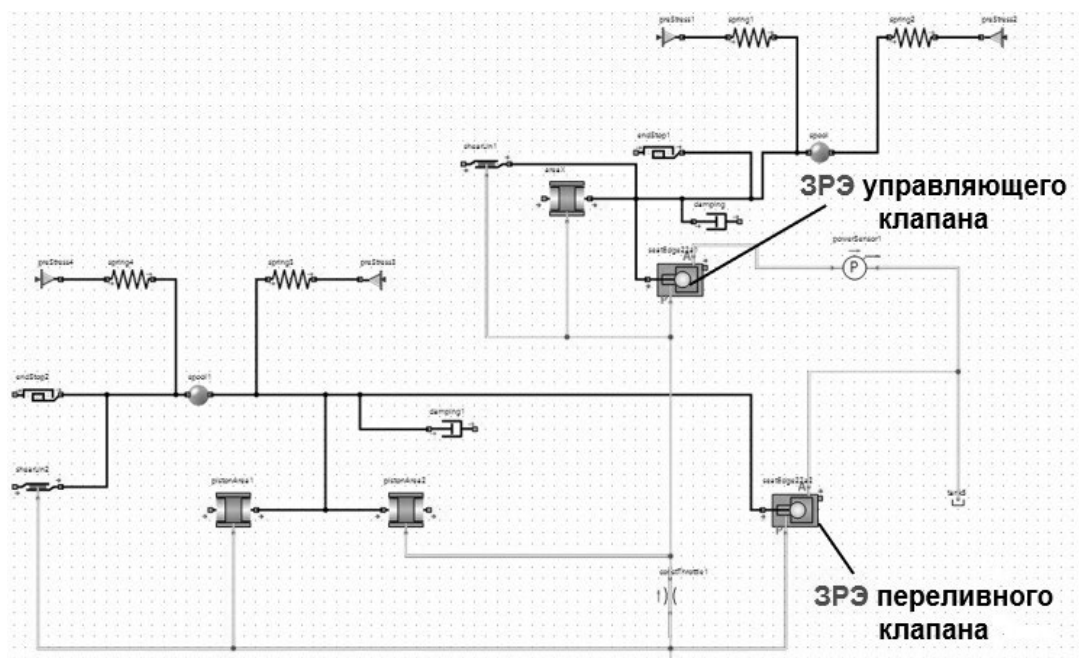


Рисунок 1 – Расчётная схема имитационной модели

Работа выполнена в студенческом научном объединении «Механик» Сибирского государственного университета путей сообщения [7,8].

Литература

1. Мокин, Н. В. Гидравлические и пневматические приводы : учеб. пособие / Сиб. гос. ун-т путей сообщ. – Новосибирск : СГУПС, 2012. – 173 с.;
2. Маслов Н. А. Создание стенда для послеремонтных испытаний гидромоторов дорожных, строительных и подъемно-транспортных машин: дис. канд. техн. наук.

Институт горного дела Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, 2006.

3. Маслов, Н. А., Казаченко, Я. О.. Метрологическое обоснование выбора метода и параметра диагностирования насоса [Текст] / Н. А. Маслов, Я. О. Казаченко // Главный механик, 2013. – № 2., с.42-47.

4. Техническая диагностика гидравлических приводов [Текст] / Т. В. Алексеева [и др]. – М. : Машиностроение, 1989. – 264 с.

5. Маслов, Н.А., Толстов, М.А., Кривченко, Р.А. Имитационное моделирование динамического поведения предохранительных гидроклапанов [Текст] / Н.А. Маслов, М.А. Толстов, Р.А. Кривченко // Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в машиностроительной, дорожной и строительной отраслях – 2023: материалы международной научно-практической конференции. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2023. – 310 с., с.138-145.

6. Маслов, Н.А., Толстов, М.А. Численные расчеты параметров функционирования насос–гидромотора в режиме «насос» при торможении на имитационной модели гидропривода [Текст] / Н.А. Маслов, М.А. Толстов // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта, 2024. – №1., с.62-67.

7. Абрамов, А.Д., Манаков, А.Л., Маслов, Н.А. Достойный вклад в инновационное развитие // Железнодорожный транспорт, 2021. – № 6, с.59-61.;

8. Абрамов, А.Д., Манаков, А.Л., Маслов, Н.А. Талантливая молодежь Сибири – транспорту будущего // Путь и путевое хозяйство, 2022. – № 4, с.36-37.

Автоматизация расчетов железобетонных шпал по прочности и трещиностойкости для различных конструктивных решений

Петрухина А.А., Одинцов А.П., Пичкурова Н.С.

Студент, студент, канд. техн. наук

*Сибирский государственный университет путей сообщения,
факультет «Промышленное и гражданское строительство»,
Новосибирск, Россия*

E-mail: annapetruhina01@mail.ru

Железобетонные шпалы – это рельсовая опора, выполненная как балка переменного сечения с предварительно напряженной арматурой внутри [1].

Изучению работы и долговечности железобетонных шпал было посвящено много экспериментальных работ, проводимых советскими учеными [2-4]. В результате их исследований появились струнотонные шпалы, армированные 44 шт. проволоки диаметром 3 мм (пример одного из видов сечений показан на рисунке 1).

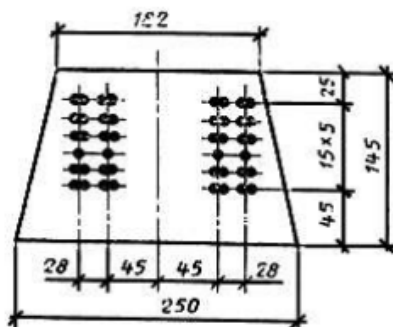


Рисунок 1 – Размещение арматуры в средней части ж/б шпалы

В 2003 году на Челябинском заводе железобетонных шпал была запущена автоматизированная линия итальянской компании OLMI, которая существенно повысила производительность изготовления шпал [5]. Для новой линии специалисты АО

«ВНИИЖТ» разработали конструктивное решение шпалы в виде армирования четырьмя стержнями диаметром 9,6 мм (обозначение в конструкторской документации – 4х10), которую выпускают три филиала АО «БЭТ» (Энгельский, Челябинский и Горновский).

Опыт эксплуатации нового вида железобетонных шпал показал, что на некоторых участках перегонов шпалы имеют большое количество дефектов и повреждений.

Согласно [6] к негодным шпалам относят все шпалы с дефектами второй степени развития, т.е. все шпалы с разрушением бетона. Эти шпалы в последующем изымаются с пути.

Таким образом, в настоящий момент необходимо провести комплексные исследования железобетонных шпал автоматизированного производства с совершенствованием их конструктивного решения.

Железобетонная шпала – это элемент, находящийся в сложном напряженно-деформированном состоянии и работающий на изгиб по общему случаю расчета по нормальным сечениям.

Основные предпосылки общего метода расчета [7]:

1. Растянутый бетон в деформировании сечения не учитывается.
2. Эпюра напряжений бетона в сжатой зоне принимается прямоугольной.
3. Сжатая зона ограничена линией, параллельной нейтральному слою, но не совпадающая с ним.
4. Рабочая высота сечения принимается для каждого арматурного слоя индивидуально.
5. Распределение напряжения в арматуре осуществляется с использованием гипотезы плоских сечений.
6. Соотношение между условной линией, ограничивающей сжатую зону, и фактическим нейтральным слоем учитывается коэффициентом полноты эпюры напряжений.

Основные предпосылки в графическом виде представлены на рисунке 2.

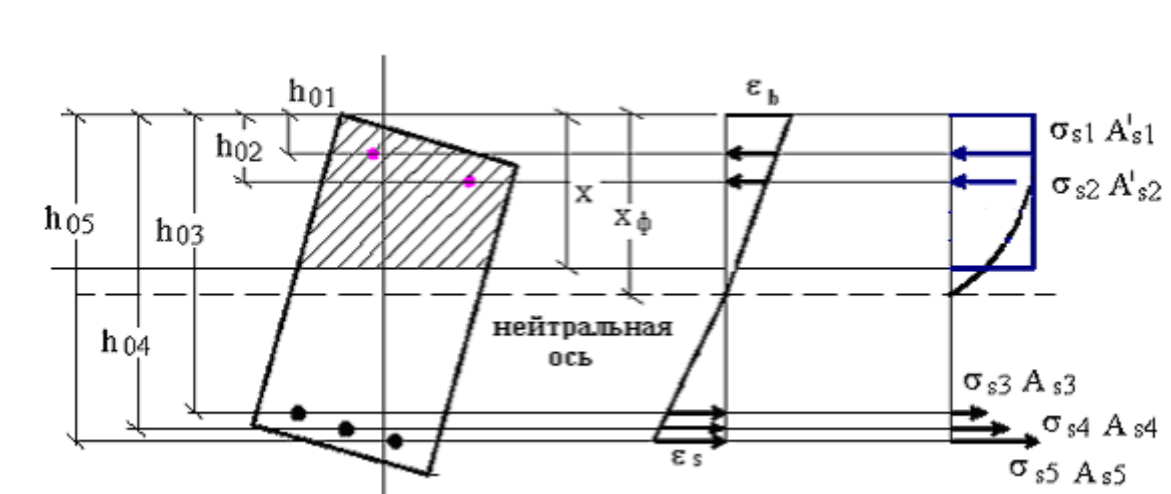


Рисунок 2 – Основные предпосылки общего метода расчета

Чем дальше арматура от растянутой зоны, тем меньшего значения ее напряжения. Эмпирическая зависимость между напряжениями в арматуре и относительной высотой сжатой зоны для стадии разрушения показаны на рисунке 3.

Если провести необходимые расчеты, то получим, что напряжения в арматуре лежат в следующих пределах:

$$\beta \cdot R_s < \sigma_{si} = [\beta + (1 - \beta) \cdot \frac{\xi_{eli} - \xi_i}{\xi_{eli} - \xi_{Ri}}] \cdot R_{si} \leq \gamma_{s3} \cdot R_s$$

где β – коэффициент отношения сопротивления арматуры в упругой зоне к общему сопротивлению арматуры;

R_s – расчетное сопротивление арматуры;
 σ_{si} – искомое напряжение в арматуре;
 ξ_{eli} , ξ_i , ξ_{Ri} – относительная высота сжатой зоны (для различных случаев напряжений в арматуре)

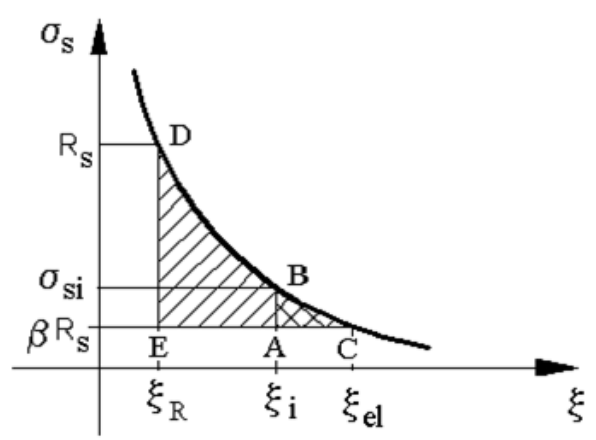


Рисунок 3 – Эмпирическая зависимость $\sigma_s - \xi$

Таким образом, для определения несущей способности железобетонной шпалы, работающей на различные нагрузки, необходимо провести несколько итерационных вычислений, с определением напряжений в арматуре для каждого ряда арматуры и статического момента бетона трапециевидного сечения.

Опыт расчетов показал, что меньше 5-8 итераций как правило не получается. Таким образом, задачей нашего исследования является создание программы, которая бы автоматизировала прочностные расчеты, а в дальнейшем и расчеты по трещиностойкости железобетонных шпал.

Литература

1. Виды и размеры железобетонной шпалы: вес, длина и ширина ЖБ опоры на железной дороге [Электронный ресурс]. URL: <https://promputsnaib.ru/poleznoe/shpaly/271-vidy-i-razmery-zhelezobetonnoj-shpaly-ves-dlina-i-shirina-zhb-opory-na-zheleznoj-doroge.html>
2. Фадеева, Г. Д. Железнодорожные шпалы: настоящее и будущее / Г. Д. Фадеева, К. С. Паршина, Е. В. Родина. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2013. – № 6 (53). – С. 161-163. – URL: <https://moluch.ru/archive/53/7190/>
3. Шпалы – Железные дороги. Общий курс: [сайт]. – URL: <https://studref.com/467046/tehnika/shpaly?ysclid=lj5waofqj595658383>
4. Железобетонные шпалы для рельсового пути/ А.Ф. Золотарский, Б.А. Евдокимов, Н.М. Исаев, Л.Г. Крысынов, В.В. Серебренников, В.Ф. Федулов. Под ред. А.Ф. Золотарского. – М.: Транспорт, 1980 – 270 с.
5. Гнездилов С.А., Лебедев А.В., Простаков К.А. Исследование работы железобетонных шпал ШЗ-ДПГ 4х10 // Путь и путевое хозяйство. №4. 2023. – С. 20 – 25 [Электронный ресурс]. URL: http://scbist.com/scb/uploaded/1_1697594146.pdf
6. Распоряжение ОАО «РЖД» от 22.08.2022 N 2183/р «Об утверждении Инструкции по ведению шпального хозяйства с железобетонными шпалами»: [сайт]. – URL: www.consultant.ru
7. Железобетонные конструкции. Общий курс / В.И. Мурашев, Э.Е. Сигалов, В.Н. Байков; под ред. П.Л. Пастернака. – М.: Госстройиздат, 1962. – 659 с.

Разработка универсальной технологической карты на устройство цементно-песчаной стяжки полусухого прессования

Петров Г.А., Новиков Д.М., Омельченко А.К., Пичкурова Н.С.

Студент, студент, аспирант, канд. техн. наук

Сибирский государственный университет путей сообщения,

факультет «Промышленное и гражданское строительство»,

Новосибирск, Россия

E-mail: gennadiy_official@mail.ru

Цементно-песчаная стяжка – это обязательный этап устройства пола, который позволяет подготовить пол для укладки последующих финишных слоев, обеспечить теплоизоляцию, скрыть инженерные коммуникации [1].

Наиболее популярной на строительной площадке является стяжка полусухого прессования, технология укладки которой заключается в следующем:

1. На очищенную и подготовленную поверхность пола с помощью пневмонагнетателя подается смесь, состоящая из крупнозернистого песка, цемента М500, фиброволокна и воды.
2. Состав заливается по специальным набивным маякам и выравнивается.
3. После укладки смесь оставляют набирать прочность.

Для такой стяжки водоцементное отношение (В/Ц) небольшое – около 0,35.

Согласно интернет-источникам через 12 дней по такой стяжке можно ходить, укладывать финишное покрытие, а прочность ее уже может составить от 150 до 250 кгс/м² [1-3].

Согласно Изм. 1, 2 п. 8.5 [4]: «Стяжки, укладываемые по упругому тепло- и звукоизоляционному слою, должны предусматриваться ... из цементно-песчаных растворов по ГОСТ 28013 или из смесей сухих строительных на цементном вяжущем по ГОСТ 31358 и ГОСТ 31357 с прочностью на сжатие не ниже 20 МПа (марки по прочности М200) и прочностью на растяжение при изгибе не ниже 4,5 МПа».

Опыт определения прочности стяжек полусухого прессования на строительных площадках г. Новосибирска показал, что не всегда удается достичь прочность в М200, особенно в осенне-зимний период времени, а влияние фибры на прочностные показатели незначительно [5].

Таким образом, целью исследования в настоящий момент является подбор такого состава смеси, который гарантировано при любых условиях обеспечивает прочность стяжки не ниже 20 МПа. В дальнейшем же предполагается разработать универсальную технологическую карту на устройство стяжки полусухого прессования.

Таблица 1 – Результаты испытаний (В/Ц = 0,34)

	Образец № 1 (492 г)	Образец № 2 (504 г)	Образец № 3 (499 г)
F _{разр} , кН	1500	1480	1500
R _{изг} , МПа	4,92	4,86	4,92
	Образец № 1 (41×82 см)	Образец № 2 (42×76 см)	Образец № 3 (39×79 см)
F _{разр} , кН	30000	22000	27000
R _{сж} , МПа	8,92	6,89	8,76

В рамках исследования были изготовлены образцы – 3 балочки размерами 40×40×160 и испытаны по ГОСТ Р 58277-2018. Состав смеси: цемент М500, песок, вода, фибра, Ц/П = 1:3.

Первая партия образцов: В/Ц 0,34, модуль крупности песка 1,95. Вторая партия – В/Ц 0,4, модуль крупности песка 1,95.

Результаты испытаний приведены в табличном виде.

Таблица 2 – Результаты испытаний (В/Ц = 0,4)

	Образец №1 (550 г)	Образец № 2 (559 г)	Образец № 3 (560 г)			
F _{разр} , кН	2400	2100	2050			
R _{изг} , МПа	7,88	6,89	6,73			
	Образец № 1 (40×80 см)	Образец № 2 (40×78 см)	Образец № 3 (39×78 см)	Образец № 4 (40×82 см)	Образец № 5 (39×79 см)	Образец № 6 (40×79 см)
F _{разр} , кН	46000	40000	45000	52000	49000	46000
R _{сж} , МПа	14,38	12,82	14,79	15,85	15,90	14,56

Таким образом, для В/Ц = 0,34:

R_{изг} = 4,9 МПа > 4,5 МПа – условие удовлетворяется

R_{сж} = 8,84 МПа < 20 МПа – условие НЕ удовлетворяется

для В/Ц = 0,4:

R_{изг} = 6,81 МПа > 4,5 МПа – условие удовлетворяется

R_{сж} = 12,86* МПа < 20 МПа – условие НЕ удовлетворяется

(* – при среднем значении R_m = 14,72 МПа, среднеквадратичном отклонении σ_m = 1,13 МПа; коэффициенте вариации v = 0,077)

В результате испытаний получены неудовлетворительные значения по прочности на сжатие, следовательно, состав материалов, равно как и водоцементное отношение необходимо корректировать. В настоящее время проводятся дальнейшие исследования.

Литература

1. Полусухая стяжка пола: от особенностей технологии до стоимости материалов и работ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kp.ru/guide/polusukhaja-stjazhka-pola.html>
2. Полусухая стяжка пола: современная технология, достоинство и цена [Электронный ресурс]. URL: <https://armmiks-spb.ru/info/articles/technology/work-with-concrete/half-dry-floor-screed-manual>
3. Минусы полусухой стяжки пола [Электронный ресурс]. URL: <https://opolax.ru/vyravnivanie-pola/styazhki/polusukhie-styazhki/minusy-polusukhoj-styazhki-pola>
4. СП 29.13330.2011. Полы. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084091>
5. Pichkurova N., Novitskaya M. Experimental Studies of Fiber Concrete Samples Under Cyclic Load. Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles. Lecture Notes in Networks and Systems, 16 November 2022. – PP.105-114

Система весового контроля для фронтальных погрузчиков на основе тензодатчиков и беспроводной передачи данных

Комлев Н.Д.

Студент

Сибирский государственный университет путей сообщения,
факультет «Управление транспортно-технологическими комплексами»,
Новосибирск, Россия

В условиях погрузочных станций при отпуске сыпучих материалов участникам технологического процесса необходимо на каждом этапе контролировать массу отпускаемого материала (щебень, песок, уголь). Необходимым измерительным оборудованием в этом случае являются автомобильные платформенные весы. После загрузки фронтальным погрузчиком грузового автомобиля заезжает на весы, в случае превышения необходимого веса или недостаточной загрузки грузовой автомобиль должен вернуться на площадку для исправления данного отклонения. Эти операции тормозят технологический процесс поэтому на некоторых предприятиях фронтальные погрузчики оснащаются ковшовыми весами [1].

Целью нашей работы является оценка возможности использования тензодатчиков для создания автономных измерительных комплексов на фронтальных погрузчиках.

Экспериментальные исследования проводились с использованием безопасной макетной платы, резистивного тензодатчика, модуля аналого-цифрового преобразователя марки HX-711, платы Ардуино UNO и блютуз-адаптера марки HC-06

Тензодатчик работает по принципу растяжение-сжатие. В нем на разных плоскостях установлены два тензорезистора поэтому в данном случае используется схема полумоста. В конструкции датчика при изменении веса, меняется его сопротивление, на датчике R1, а на датчике R2 уменьшается, следовательно, и напряжение, снимаемое с мостовой схемы будет пропорционально этому изменению (рис. 1).

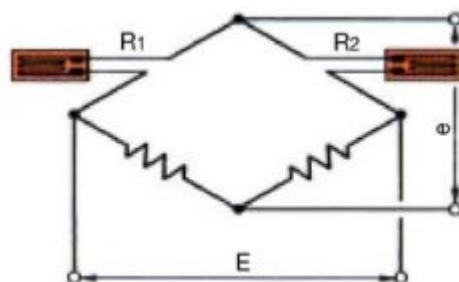


Рисунок 1 – Электрическая схема работы тензодатчика

После сборки экспериментальной установки, создаем программу калибровки датчика, и программу, которая показывает вес, нагруженный на тензодатчик. Сначала нужно определить калибровочный коэффициент при помощи программы калибровки датчика [2].

После определения калибровочного коэффициента были измерены на поверенных весах некоторые грузы, с целью определения погрешности у тензодатчика. В процессе определения относительной и абсолютной погрешности были получены результаты, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Практическая часть эксперимента

	Масса груза на поверенных весах, грамм	Масса груза по показаниям тензодатчика, грамм	Абсолютная погрешность Δ , грамм	Относительная погрешность, δ %
	2877,0	2867	10,0	0,34
	1901,0	1896	5,0	0,26
	986,0	985	1,0	0,1
	444,5	445	0,5	0,1
	3800,0	3784	16,0	0,42
	4244,5	4226	18,5	0,43

Результаты исследования. Зависимость относительной погрешности от массы представлена на графике.

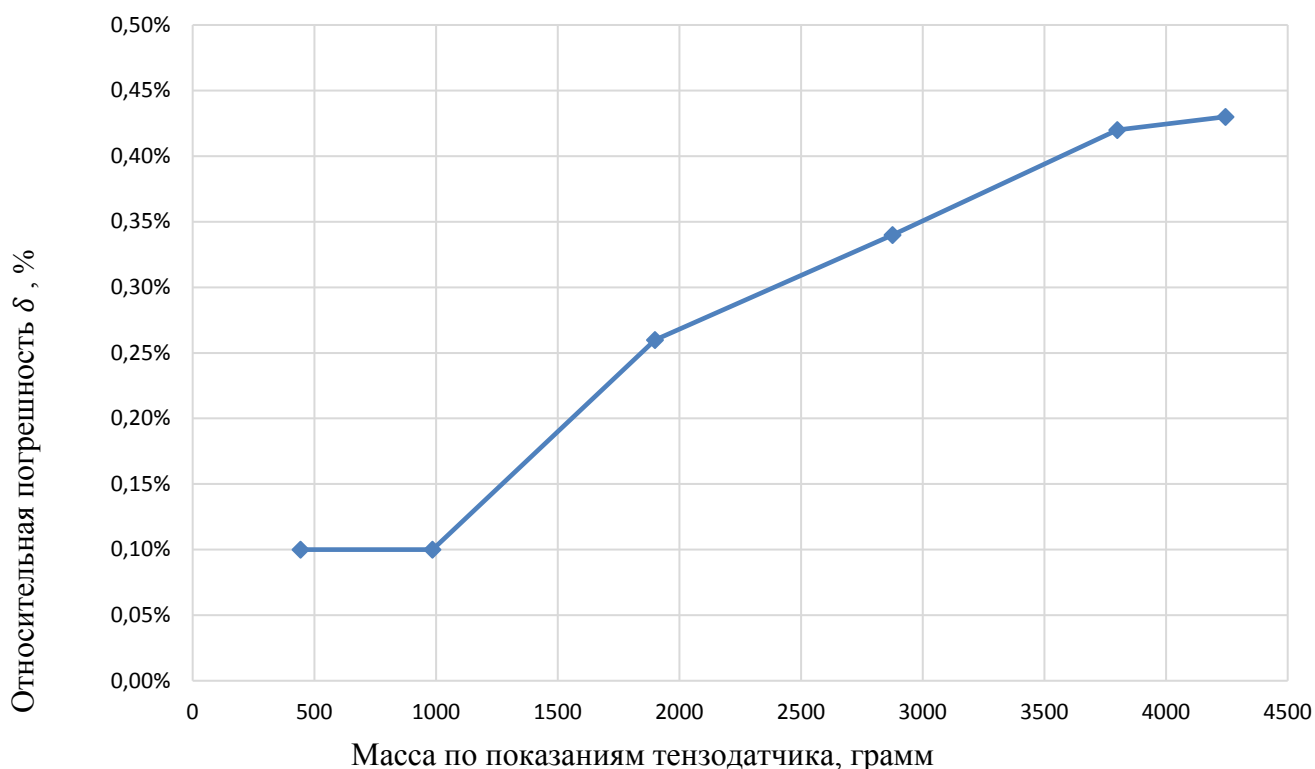


Рисунок 2 – График зависимости относительной погрешности от массы

Данная зависимость (рис.2) отражает качество программной калибровки тензодатчика на основе испытаний с поверенными весами, характер поведения зависимости возрастающий, при этом численное значение относительной погрешности не превышает 0,5 % [3].

Результаты измерений отображались на двух устройствах: на персональном компьютере в мониторе последовательного порта (подключение посредством USB кабеля) и на смартфоне в программе RemoteXY (беспроводная передача по блютуз). Применение беспроводной связи смартфон – измерительный блок позволит выполнить быстрое соединение в пределах (внутреннее – внешнее) пространство погрузчика, так как датчик должен размещаться на силовой раме ковша.

Выводы. Собрана электрическая схема подключения тензодатчика к плате. Определен калибровочный коэффициент для получения достоверных данных. Проведены экспериментальные измерения и оценка погрешности взвешивания. Построен график зависимостей относительной погрешности от массы груза, измеренного датчиком. Выполнены измерения геометрических параметров рычажной системы ковша погрузчика и определены возможные места для установки тензодатчиков.

Литература

1. Постановление Правительства РФ № 879 от 31.10.2009 «Об утверждении Положения о единицах величин, допущенных к применению на территории Российской Федерации».
2. Поверка и калибровка средств измерений. Практикум для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация». Новосибирск, СГУПС, 2009г./ Сост. Бехер С.А., Сизова А.А. –Новосибирск: СГУПС,

2009 г. – 25 с.

3. Погрешности прямых многократных равноточных измерений: Практикум для лабораторных работ по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» / Сост. Бехер С.А., Сизова А.А. – Новосибирск: СГУПС, 2009 г. – 25 с.

Особенности расчёта сборно-разборных модульных сооружений

Глушков М.И.

Студент

*Сибирский государственный университет путей сообщения,
Факультет «Промышленное и гражданское строительство»,
Новосибирск, Россия*

E-mail: mr.glu-max@yandex.ru

Модульные здания – это универсальные быстровозводимые сборно-разборные конструкции самого разнообразного назначения. Применяются в качестве временных сооружений, торговых точек и павильонов т.д.

Преимуществом использования технологии модульного строительства является простота использования и гибкость, которые предлагает модульная конструкция, т.е. легко транспортируемое готовое изделие можно привезти и поставить где угодно, но при этом оно будет комфортным и удобным.

В настоящее время есть много интересных решений сборно-разборных зданий (дом Илона Маска – модуль компании Vohab; китайские быстро раскладывающиеся дома; российские разработки).

У всех рассмотренных аналогов есть проблема использования в климатических зонах с низкими температурами из-за промерзания стыков и «заклинивания» шарниров при монтаже.

Идея заключается в адаптации существующих решений к суровым климатическим условиям посредством проработки узлов сопряжения элементов (исключения «мостиков холода», «заклинивания шарниров» и пр.) и подбора утеплителя несущих конструкций с помощью необходимых теплотехнических расчетов.

Цель: адаптировать проектные решения сборно-разборных зданий для суровых климатических условий.

Мы проводили анализ на основе множества существующих сборно-разборных зданий, некоторые из которых мы представляли ранее.

Основными требованиями, которые были соблюдены при проектировании, являются высокая прочность и надежность, простота конструкции и технологичность изготовления.

Разработанный каркас модульного здания представляет собой рамную конструкцию, включающую в себя:

1. Нижний пояс, выполненный в виде двух параллельных нижних балок;
2. Верхний пояс, повторяющий нижний;
3. Вертикальные связи (стойки) нижнего и верхнего поясов;
4. Крепёжные элементы, обеспечивающие складывание контейнера.

Технология изготовления каркаса предполагает использование электросварки для соединения отдельных элементов.

Следующим этапом необходимо было выполнить статический расчёт. Цель расчета – обеспечить заданные условия эксплуатации и необходимую прочность при минимальном расходе материалов

Расчет выполняется методом конечных элементов в программе SCAD Office 21.1. Для расчёта конструкция представляется в виде конечно-элементной модели (расчётной схемы).

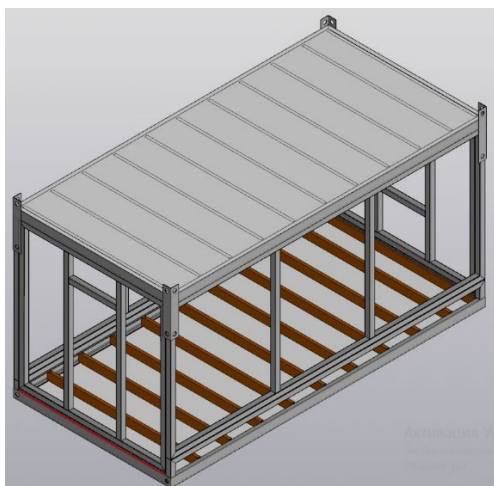


Рисунок 1 – Конструкция модуля

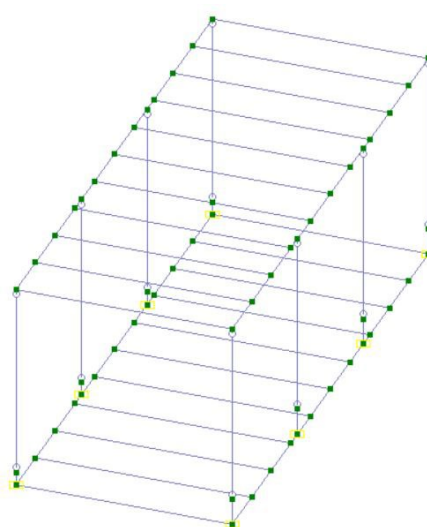


Рисунок 2 – Расчётная схема для основных нагрузок

Расчеты выполнены на основные сочетания нагрузок (собственный вес, снеговая нагрузка, ветровая). СВ каркаса задается автоматически по заданным жесткостям элементов; в СВ перекрытий включается вес конструкции пола: деревянная обрешётка, утеплитель и, собственно, чистовой пол; СВ стен включает в себя: также утеплитель, облицовочные и ограждающие материалы. Полезная нагрузка включает в себя вес людей, мебели и оборудования. Снеговые и ветровые нагрузки приняты для г. Новосибирск в соответствии СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия».

Наименование	Тип загрузки	Вид нагрузки
СВ каркаса	Постоянные на	Вес металличе
СВ перекрытий	Постоянные на	Другие
СВ стен	Постоянные на	Другие
Полезная	Кратковременн	Полные нагруз
Снег	Кратковременн	Полные снегов
Ветер 1	Кратковременн	Ветровые нагр
Ветер 2	Кратковременн	Ветровые нагр
Пульсационная 1	Кратковременн	Ветровые нагр
Пульсационная 2	Кратковременн	Ветровые нагр

Рисунок 3 – Нагрузки

Т.к. мы просчитываем модульное здание, важной частью расчёта является проверка на прочность при монтаже. Монтаж осуществляется, когда контейнер находится в сложенном виде. В этом случае расчётная схема будет выглядеть следующим образом:

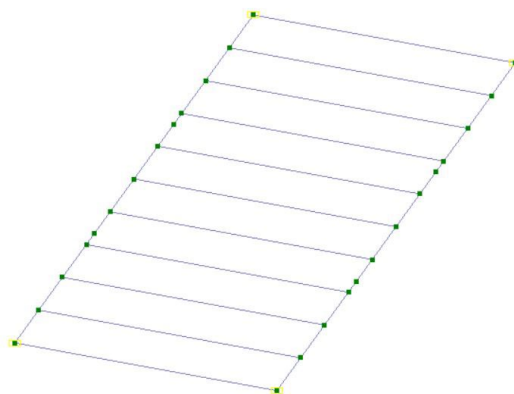


Рисунок 4 – Расчётная схема для расчёта на монтаж

При расчете на монтажные воздействия мы учитываем только собственный вес конструкции, который принимается с коэффициентом динамичности $\xi = 1,4$.

Теплотехнический расчет выполняется с целью определения конструкции (состава и толщины материальных слоев) и теплотехнических характеристик ограждающих конструкций здания (теплозащитной оболочки), отвечающих требованиям СП 50.13330.2012.

Выбор расчетных параметров наружного воздуха для соответствующих районов строительства для холодного и теплого периодов года производится согласно СП 131.13330.2020 «Строительная климатология». Климатические параметры, выбранные для г. Новосибирск приведены в Таблице 1.

Таблица 1 – Климатические параметры холодного периода года

Наименование параметра	Единицы измерения	Значение
Температура воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92	°C	-37
Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха ≤ 8 °C	сут.	222
Средняя температура воздуха периода со средней суточной температурой воздуха ≤ 8 °C	°C	-7,9
Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца	%	77
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь	м/с	4,2

В данный момент в рамках ВКР мы проводим проектирование и расчёт 2-этажного сборно-разборного модуля. Конструкция и расчётная схема представлены на рисунке. Для большой жёсткости в средних пролётах установлены крестовые связи. Расчёт на прочность также проводится на основные сочетания нагрузок.

Также в рамках ВКР после подбора и проверки поперечных сечений элементов рамы, следует выполнить проверку её узловых соединений. Такая проверка необходима, т.к. необходимо иметь чёткое представление о том, как будет сконструирован каждый отдельный узел.

При расчёте имеем следующие виды узлов:

- узел опирания стойки на пояс;
- фланцевое соединение в месте стыковки стена-пояс;
- узлы соединения связей;

Литература

1. СП 16.13330.2017. «Стальные конструкции». Актуализированная редакция СНиП II-23-81
2. СП 20.13330.2016. «Нагрузки и воздействия». Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85
3. ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях»
4. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»
5. СП 131.13330.2020 «Строительная климатология»
6. ГОСТ 54851-2011 «Конструкции строительные ограждающие неоднородные»

Разработка приложения для диагностики работы двигателя автомобиля с помощью измерения акустического шума

Станковец Е.В.

Студент

*Сибирский государственный университет путей сообщения,
факультет «Бизнес-Информатики»,*

Новосибирск, Россия

E-mail: elizavetastankovets@yandex.ru

Салимов Т.А.

Студент

*Сибирский государственный университет путей сообщения,
факультет «Бизнес-Информатики»,*

Новосибирск, Россия

E-mail: aveting94@mail.ru

В современных условиях каждая семья крупного мегаполиса владеет одним-двумя автомобилями и в большинстве своем не новыми, отслужившими 5 и более лет. Износы, коррозия, недостаточное качество технических жидкостей и топлива, дефекты предыдущих ремонтов негативно сказываются на техническом состоянии их двигателей. Все эти факторы накапливаются с течением времени и в определенный момент могут привести к внезапному отказу, который потребует дорогостоящего ремонта.

Полная диагностика бензинового двигателя автомобиля старше 5-10 лет в автосервисе является достаточно продолжительной и дорогостоящей операцией, которая не всегда экономически обоснована.

Для комплексной оценки технического состояния двигателей внутреннего сгорания перспективно использование современных методов акустического контроля, основанных на регистрации и анализе акустических сигналов работающего на разных режимах двигателя. Так как современные смартфоны оснащены высокочувствительными акустическими датчиками и имеют достаточную производительность для выполнения сложных вычислений и обработки сигналов, то это делает их достаточно развитым средством акустического контроля.

Актуальность нашей разработки проявляется в оптимизации использования времени для потенциальных потребителей – автолюбителей. Наше приложение позволяет быстро и эффективно диагностировать двигатели автомобилей, сэкономив при этом до 90% времени по сравнению с традиционными методами, такими как посещение автосервиса.

Помимо экономии времени, наше приложение также позволяет сэкономить деньги, поскольку стоимость диагностики у дилеров и автосервисов обычно составляет не менее 2500 рублей. Кроме того, при использовании нашего программного продукта исключается вероятность ошибки, которую может совершить механик. Благодаря четкому алгоритму и последовательности действий, наше приложение обеспечит точность диагностики. Такой подход позволит вовремя выявлять и решать проблемы, связанные с работой двигателя, что способствует сохранению его эффективности, безопасности вождения, а также увеличению срока службы автомобиля [1].

Таким образом разработка мобильного приложения для диагностики двигателя и определения его предотказного состояния является актуальной задачей, решение которой позволит как расширить функциональность смартфонов, так и снизить расходы домохозяйств на содержание автомобиля.

Для достижения этой цели были определены следующие задачи:

- 1) Исследовать принцип работы двигателя автомобиля.
- 2) Записать звук работающего двигателя (исправного и с определенной неисправностью) в одинаковых внешних условиях на разных оборотах;
- 3) Выявить звуковые колебания и амплитуды волн двигателя автомобиля с помощью приложения Mathcad;
- 4) Создать алгоритм программы диагностики двигателя автомобиля;
- 5) Реализовать созданный алгоритм диагностики работы двигателя автомобиля.

Итоговый результат – прототип приложения.

В начале работы над проектом, нам необходимо было рассмотреть основные виды неисправностей двигателя автомобиля, которые можно выявить с помощью измерения акустического шума, поэтому давайте их рассмотрим. Первая проблема, связанная с зажиганием: детонация, неправильное время зажигания, пропуск искры, все эти проблемы, могут быть обнаружены с помощью измерения акустического шума. Вторая проблема, связана со сжатием: утечка компрессии, проблемы с поршневой группой, износ цилиндров – это еще одни явные причины, которые могут повлиять на сжатие двигателя. Третья основная проблема, связана с механизмами двигателя, а именно износ шатунов, клапанов или подшипников, присутствие трещин и других видов повреждений в механизмах двигателя.

Далее мы ответили на вопрос какие уже существуют методы диагностики двигателя. Существует: визуальная диагностика, которая основана на визуальном осмотре двигателя и может быть ограничена возможностью обнаружения только внешних неисправностей. Также существует диагностика с помощью сканера, которая основана на кодах ошибок, считываемых из системы управления двигателем, и может не давать полной картины о состоянии двигателя. Так какие преимущества в использовании нашего разработанного приложения? Это быстрый анализ данных и точная диагностика двигателя, а также экономия вашего времени и денег [2].

Изначально для разработки прототипа приложения нам необходимо было создать базу звуковых измерений различных моделей двигателей на различных оборотах. Акустический шум работающего двигателя автомобиля регистрировался смартфоном с частотой дискретизации 32 кГц с установленным приложением Rhyphox. Приложение отображает на экране смартфона полную форму сигнала на интервале до 680 мс и спектр сигнала в логарифмическом масштабе. Были получены данные спектра акустических сигналов для модели Toyota 1JZ-GE: с заглушенным двигателем, с заведенным двигателем на холостых оборотах (примерно на 800 об/мин) и при работе на 2 и 3 тыс. об/мин [3].

На следующем этапе цифровые сигналы передавались на персональный компьютер и обрабатывались в CSV-файлы (файлы данных с разделителями-запятыми) – эти файлы можно создавать и редактировать в Excel. Таким образом были заполнены 18 таблиц значениями 6 моделей двигателей.

Для реализации прототипа приложения мы использовали универсальный язык программирования Python, так как количество значений данных в каждой из таблиц составляло около 32 тыс., а Python способен работать и обрабатывать большие значения. Для создания графического интерфейса мы использовали библиотеку PySimpleGUI, которая создает простой и понятный интерфейс для пользователя. Для отображения графиков мы использовали популярную библиотеку для визуализации данных – Matplotlib. И для работы с файлами подключили csv библиотеку.

Пользователь может выбрать модель двигателя автомобиля из выпадающего списка и на каких оборотах необходимо провести диагностику – на холостых, в 2 тыс.об/мин и 3 тыс.об/мин. Далее программа, используя файлы csv, строит график амплитуды от времени и задает пороговое значение, которое на графике обозначается оранжевой прямой. Программа по пороговому значению выдает пользователю сообщение о исправности или неисправности двигателя автомобиля, в случае последнего указываются причины повышения уровня шума для пользователя. Прототип приложения обрабатывает значения, строит графики и выявляет исправность или неисправность двигателя по превышению порогового значения. В будущем планируется создать приложение, способное записывать и обрабатывать значения не из файла, а непосредственно используя динамик телефона.

К возможностям использования данной технологии можно отнести автосервисы для повышения качества и эффективности диагностики и уменьшение необходимости внешней консультации; автовладельцев для самостоятельной диагностики двигателя, отслеживание его состояния и своевременного выявления возможных неисправностей; для производителей автомобилей, ведь интеграция акустической диагностики в систему управления автомобилем для раннего обнаружения и предотвращения возможных проблем может стать приятным бонусом для покупателя.

Исходя из нашего доклада можно сделать вывод о том, что поставленные задачи выполнены, цель достигнута. Наша работа подтверждает факт того что тема актуальна и в перспективе с большим объемом ресурсов, времени, знаний программный продукт может быть реализован и работать корректно.

Литература

Модернизация и модификация автотранспортных средств : учебное пособие / составитель И. Л. Соколов. – пос. Караваево : КГСХА, 2022. – 118 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/328673> (дата обращения: 15.03.2024).

Учебная практика по профессиональному модулю «Техническое обслуживание и ремонт автотранспортных средств» : учебное пособие / составители Н. А. Андреева [и др.]. – Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2022. – 360 с. – ISBN 978-5-00137-332-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/295724> (дата обращения: 20.03.2024).

Техническое обслуживание электрооборудования и электронных систем автомобилей : учебное пособие / составитель И. Л. Соколов. – пос. Караваево : КГСХА, 2022. – 118 с. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/328676> (дата обращения: 17.03.2024).