



**НАУЧНЫЙ
ФОРУМ**
nauchforum.ru

ISSN 2310-0370



**┌ Студенческая международная
заочная научно-практическая
конференция**

**МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ
№ 10(50)**

г. МОСКВА, 2017



МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Электронный сборник статей по материалам I студенческой международной
заочной научно-практической конференции*

№ 10 (50)
Октябрь 2017 г.

Издается с марта 2013 года

Москва
2017

УДК 62+51
ББК 30+22.1
М75

Председатель редколлегии:

Лебедева Надежда Анатольевна – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, г. Киев, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

Волков Владимир Петрович – кандидат медицинских наук, рецензент АНС «СибАК»;

Елисеев Дмитрий Викторович – кандидат технических наук, доцент, начальник отдела методологии Лаборатории институционального проектного инжиниринга (ИПИ Лаб);

Захаров Роман Иванович – кандидат медицинских наук, врач психотерапевт высшей категории, кафедра психотерапии и сексологии Российской медицинской академии последиplomного образования (РМАПО) г. Москва;

Зеленская Татьяна Евгеньевна – кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра высшей математики в Югорском государственном университете;

Карпенко Татьяна Михайловна – кандидат философских наук, рецензент АНС «СибАК»;

Костылева Светлана Юрьевна – кандидат экономических наук, кандидат филологических наук, доц. Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), г. Москва;

Попова Наталья Николаевна – кандидат психологических наук, доцент кафедры коррекционной педагогики и психологии института детства НГПУ;

Яковишина Татьяна Федоровна – канд. сельскохозяйственных наук, доц., заместитель заведующего кафедрой экологии и охраны окружающей среды Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры, член Всеукраинской экологической Лиги.

М75 Молодежный научный форум: Технические и математические науки.

Электронный сборник статей по материалам L студенческой международной заочной научно-практической конференции. – Москва: Изд. «МЦНО». – 2017. – № 10 (50) / [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: [http://www.nauchforum.ru/archive/MNF_tech/10\(50\).pdf](http://www.nauchforum.ru/archive/MNF_tech/10(50).pdf)

Электронный сборник статей L студенческой международной заочной научно-практической конференции «Молодежный научный форум: Технические и математические науки» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современной науки.

Данное издание будет полезно магистрам, студентам, исследователям и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития современной науки.

Оглавление

Секция 1. Технические науки	4
БЕСПРОВОДНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СЕТИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТКРЫТОГО СТАНДАРТА IEEE 802.15.4 ZIGBEE	4
Гриценко Юлия Сергеевна Дунаева Анастасия Алексеевна Сагдеев Александр Константинович	
СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СТАТИЧЕСКОЙ ПОДЪЕМНОЙ СИЛЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ЛЕГЧЕ ВОЗДУХА	10
Кучер Мирон Игоревич	
ЖИДКОСТНЫЕ РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ	16
Малышев Евгений Романович Никулов Михаил Константинович	
УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ГАБАРИТОВ ПАССАЖИРСКИХ ПЛАТФОРМ ПВПВ-1	22
Протасов Никита Михайлович Вербитская Анатасия Константиновна Покацкая Анастасия Павловна Веретенникова Елена Евгеньевна Туманов Дмитрий Олегович Курочкин Валерий Анатольевич	
ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНО-СБОРНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САД-СИСТЕМ	26
Симанов Алексей Павлович Пянковская Мария Витальевна Богуцкий Владимир Борисович	
Секция 2. Физико-математические науки	32
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ИЗЛОМА ПУТЕВОГО ШУРУПА ПРОМЕЖУТОЧНОГО СКРЕПЛЕНИЯ ЖБР-Ш65	32
Протасов Никита Михайлович Вербитская Анатасия Константиновна Покацкая Анастасия Павловна Веретенникова Елена Евгеньевна Туманов Дмитрий Олегович Науменко Дмитрий Алексеевич	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ В ТОНКОЙ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНЕ	38
Сахибназарова Виктория Бахтиёровна	

СЕКЦИЯ 1.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

БЕСПРОВОДНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СЕТИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТКРЫТОГО СТАНДАРТА IEEE 802.15.4 ZIGBEE

Гриценко Юлия Сергеевна

*студент, Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
РФ, г. Санкт-Петербург*

Дунаева Анастасия Алексеевна

*студент, Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
РФ, г. Санкт-Петербург*

Сагдеев Александр Константинович

*научный руководитель, канд. техн. наук, старший преподаватель цикла
многоканальных телекоммуникационных систем, средств и комплексов,
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
РФ, г. Санкт-Петербург*

Задачи построения всевозможных систем, использующих беспроводные каналы актуальны в прикладных областях. В данной статье рассматривается вопрос решения проблемы безопасности ZigBee при передаче данных.

Задачи построения всевозможных систем, использующих беспроводные каналы в местах, где раньше в качестве линий связи применялись провода, актуальны в наиболее различных прикладных областях. Особенно значим вопрос перехода на беспроводную связь в распределенных системах сбора данных, управления и автоматизации, где число устройств в сети может достигать сотен и тысяч.

Практическое использование беспроводных систем долгий период был затруднителен из-за низкой надежности радиоканала в сравнении с проводным соединением, высокой стоимости и высочайшего энергопотребления

элементной базы, а также из-за сложностей с установкой и настройкой системы на объекте монтажа. В настоящее время благодаря достижениям в области микроэлектромеханических систем, крошечные микропроцессоры и маломощные радиотехнологии создали недорогие маломощные многофункциональные миниатюрные сенсорные устройства, которые могут наблюдать и реагировать на изменения физических явлений окружающей среды.

Беспроводные датчики оснащены радиоприемопередатчиком и набором датчиков, через которые они получают информацию об окружающей среде. При развертывании эти устройства могут автоматически самоорганизоваться, чтобы сформировать сеть для связи друг с другом, с одним или несколькими узлами приемника. Удаленный пользователь может вводить команды в сеть датчиков через приемник, чтобы назначать задачи сбора, обработки и передачи данных для датчиков, а затем может получать данные, воспринимаемые сетью через приемник.

Беспроводной датчик характеризуется небольшими размерами, способностью воспринимать явления окружающей среды через набор преобразователей и радиоприемник с автономным источником питания. Современные датчики используют недорогие микроконтроллеры с уменьшенным набором команд (RISC) с небольшой программой и объемом памяти данных (около 100 кб). Внешняя флэш-память может быть добавлена для обеспечения вторичного хранилища и для снижения ограничений размера приложения, налагаемых встроенной памятью. Общие бортовые шины и устройства ввода-вывода включают в себя последовательные линии, такие как универсальный асинхронный приемник-передатчик (UART), аналого-цифровые преобразователи и таймеры.

Для проектирования преобразовательного оборудования были приняты два подхода. Наиболее общий подход заключается в разработке плат преобразователей, которые могут быть прикреплены к основной плате микроконтроллера через шину расширения. Типичная плата преобразователя

обеспечивает свет, температуру, микрофон, эхолот, датчик тембра, 2-осный акселерометр и 2-осевые магнитометры. Альтернативы включают недорогие версии, которые предоставляют уменьшенный набор преобразователей или более дорогие версии, в которых могут быть снабжены GPS. Также доступны платы, которые не имеют преобразователей, но предоставляют разъемы ввода – вывода, которые разработчики могут использовать для подключения своих устройств к датчикам. Другой подход заключается в установке преобразователей непосредственно на плату микроконтроллера. Преобразователи припаиваются или могут монтироваться в случае необходимости. Эти встроенные преобразователи могут снизить издержки производства и являются более надежными, чем съемные платы преобразователей, которые могут отсоединяться от платы микроконтроллера. С помощью схемы приемопередатчика блок датчиков взаимодействует с соседними узлами.

В настоящее время датчики используют один из двух типов радиостанций. Простейшая (и более дешевая) альтернатива предлагает базовый протокол управления доступом к среде множественного доступа (CSMA) с множественным доступом (CSMA), который работает в свободной от лицензии полосе частот (315/433/868/916 МГц) и имеет полосу пропускания в диапазоне 20–50 кбит/с. Новые модели поддерживают радиостанцию 802.15.4, работающую в диапазоне 2,4 ГГц и имеющую пропускную способность 250 кбит/с. Последний предлагает возможность использования внутренней (бортовой) антенны, которая делает датчики более управляемыми и автономными по отношению к внешней антенне. Диапазон радиосигналов варьируется в пределах до 300 м для первого типа радиосвязи и 125 м для радиостанций 802.15.4. Датчики питаются от батарей, обычно пара стандартных батарей AA, которые можно заменить по истечении срока действия.

ZigBee – беспроводная сенсорная сеть, основывающаяся на стандарте IEEE 802.15.4, который определяет физические и MAC-уровни для недорогих,

низкоскоростных персональных сетей. ZigBee устанавливает спецификации сетевого уровня для топологии сети звезда, дерево и одноранговую сеть и обеспечивает основу для прикладного программирования в прикладном уровне.

Стандарт IEEE 802.15.4 определяет характеристики физического и MAC-уровней для низкоскоростных беспроводных персональных сетей (LR-WPAN). Преимуществами LR-WPAN являются простота установки, надежная передача данных, работа на коротких расстояниях, чрезвычайно низкая стоимость и разумное время автономной работы, при этом поддерживается простой и гибкий стек протоколов.

ZigBee стандартизирует более высокие уровни стека протоколов. Сетевой уровень (NWK) отвечает за организацию и предоставление маршрутизации через сеть, а Application Layer (APL) намеревается предоставить основу для разработки и распространения распределенных приложений.

Конечной целью сенсорной сети является предоставление пользователям данных из области расположения датчика. Программа вводит команды в сеть и отображает данные, возвращаемые сетью. Можно выделить два класса приложений. Один из них участвует в обнаружении события, при котором каждый датчик периодически проверяет, удовлетворены ли некоторые условия окружающей среды или соответствуют заранее определенному шаблону. В таких приложениях соседние узлы могут взаимодействовать для достижения большей достоверности в характеристиках событий и степени соответствия шаблонов, данные события хранятся в сети (для последующего извлечения) или непосредственно отправляются в приемник. Другой класс занимается длительными наблюдениями, которые непрерывно выполняют выборку и приводят к потокам данных. Этот чрезвычайно большой объем данных не может быть сохранен в сети, учитывая ограниченные ресурсы памяти узлов и должен в конечном итоге поступать в приемник. Необходимость сбора данных с большого количества узлов должна быть сбалансирована с высокой стоимостью связи. Простой способ уменьшить количество сообщений – это объединить несколько сообщений на сетевом уровне в одно большое.

Агрегация данных и внутрисетевая обработка данных – более перспективный подход, заключающийся в перемещении вычислительной деятельности с ПК в сеть. Вместо того чтобы просто пересылать данные в приемник, узлы выполняют задачи вычисления и управления данными, чтобы пользовательские данные не получали необработанных данных на ПК. Узлы могут выполнять некоторую обработку в потоке данных (например, принимать временные средние или вычислительные функции) или комбинировать их с другими потоками данных (например, присоединять или принимать пространственные средние значения) и в конечном итоге создавать другой поток данных, который они направляют в другой узел.

Проблема надежности является центральной для беспроводных сетей датчиков. Узлы питаются от батареи, и связь основана на радио, что означает, что узлы могут выйти из строя, и могут возникнуть временные или постоянные отключения. Измерения, собираемые отдельными узлами весьма неточны, по сравнению с информацией, собранной несколькими узлами. Как следствие, надежная связь в сенсорных сетях не фокусируется на каждой отдельной сквозной доставке, а имеет более общий характер, охватывая всю сетевую релевантность. Отказ одного узла или ссылки может препятствовать правильной маршрутизации на некоторые узлы, но обычно не компрометирует всю сеть. Периодическое обновление путем повторения алгоритмов помогает поддерживать приемлемые уровни для связанных поддерживающих функций.

Узлы датчиков в беспроводной сенсорной сети ограничены в вычислительной мощности и коммуникационных ресурсах. Эффективное шифрование измеренных данных может быть достигнуто за счет увеличения накладных расходов в длине сообщения. Но поскольку радиосвязь является самой энергопотребляющей функцией, выполняемой этими узлами, расходы на связь должны быть сведены к минимуму для достижения большого срока эксплуатации. Решение проблемы безопасности ZigBee предполагает использовать два ключа сеанса, один ключ для связи между двумя узлами и сетевой ключ, используемый для трансляции сообщений, а также начальный

главный ключ, который будет использоваться для создания этих сеансовых ключей. Периодическая смена ключа уровня сети при переподключении к сети означает, что будут использоваться новые сетевые ключи при инициации подключения. Стандарт ZigBee также предполагает центр доверия, на который полагаются все узлы сети, отвечающий за формирование сеансовых ключей и управление узлами, пытающимися подключиться к сети датчиков. Этот механизм аналогичен серверному подходу, используемому SPINS.

В заключение, необходимо отметить, что подобно протоколу Tiny Sec и SPINS, ZigBee также использует счетчик для обеспечения новых данных и кода аутентификации сообщений для обеспечения целостности данных. Важная функциональность ZigBee, отличная от других предлагаемых решений безопасности, заключается в том, что она обеспечивает механизм для шифрования данных на трех разных уровнях (уровень MAC, NWK и APS). Он также поддерживает безопасность в разных слоях вместе, например: команда APS может быть защищена защитой уровня APS и когда этот пакет отправлен на уровень MAC, может быть дополнительно защищен с помощью безопасности уровня MAC.

Список литературы:

1. Панфилов Д. Введение в беспроводную технологию Zigbee стандарта 802.15.4 // Электронные компоненты. – №12. – 2004.
2. Соколов М. Программно-аппаратное обеспечение беспроводных сетей на основе технологии Zigbee/802.15.4 // Электронные компоненты. – №12. – 2004.

СПОСОБЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СТАТИЧЕСКОЙ ПОДЪЕМНОЙ СИЛЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ЛЕГЧЕ ВОЗДУХА

Кучер Мирон Игоревич

*студент, Южно-Уральский государственный университет,
РФ, г. Челябинск*

Существует два способа создания подъемной силы летательного аппарата (ЛА) это статический и динамический. При динамическом способе подъемная сила образуется от набегающего потока воздуха на обтекаемый профиль за счет разности давлений по обе стороны профиля. При статическом способе подъемная сила создается по закону Архимеда и действует на любое тело, находящееся в данный момент времени в жидкости или газе. Мы будем рассматривать внешнюю среду в виде воздуха. Рассмотрим создание гидростатической (или статической) подъемной силы.

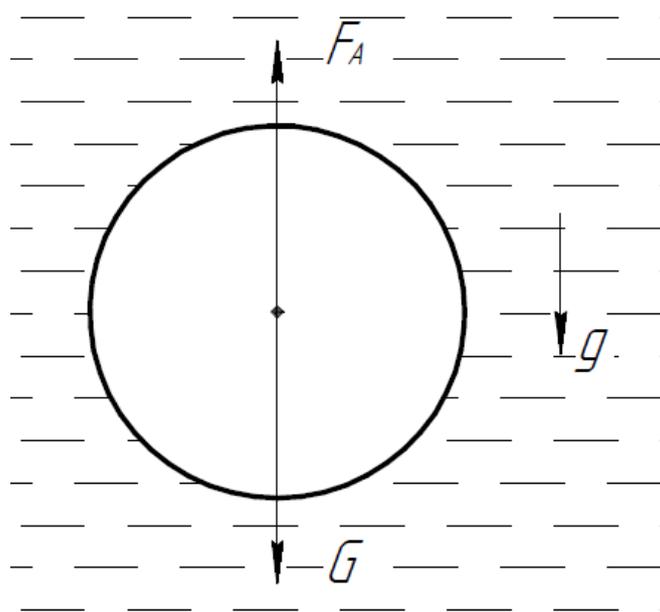


Рисунок 1. Силы, действующие на тело, погруженное в жидкость (газ)

По закону Архимеда (все единицы измерения выражены в СИ):

$$F_A = \rho_B V g, \quad (1)$$

F_A – сила Архимеда;

ρ_B – плотность среды;

V – объем погруженного тела;

g – ускорение свободного падения.

Если тело неподвижно, т.е. находится в равновесии, сила тяжести уравновешивается силой Архимеда:

$$F_A = G, \quad (2)$$

G – сила тяжести,

$$G = mg, \quad (3)$$

подставляем (1) и (3) в (2):

$$\begin{aligned} \rho_B V g &= mg, \\ \rho_B &= \frac{m}{V}. \end{aligned} \quad (4)$$

В правой части равенства (4) стоит средняя плотность ЛА. Масса ЛА легче воздуха складывается из массы конструкции ЛА с полезным грузом m_K и массы подъемного газа m_Γ :

$$m = m_K + m_\Gamma. \quad (5)$$

Объем ЛА легче воздуха складывается из объема газа V_Γ и, собственно, конструкции V_K :

$$V = V_\Gamma + V_K, \quad (6)$$

здесь объем газа на несколько порядков превышает объем материала конструкции $V_\Gamma \gg V_K$, поэтому объемом V_K можно пренебречь.

После подстановки (5), (6) в (4) получаем:

$$\begin{aligned} \rho_B &= \frac{m_\Gamma + m_K}{V_\Gamma}, \\ \rho_B &= \rho_\Gamma + \frac{m_K}{V_\Gamma}, \end{aligned} \quad (7)$$

$$m_K = \rho_B \cdot V_\Gamma - \rho_\Gamma \cdot V_\Gamma. \quad (8)$$

Выражение (8) служит для определения подъемной силы газа, выраженной в килограммах, иными словами это максимальная масса m_K , которую может поднять газ легче воздуха. Подъемная сила определяется разностью газовых масс равного объема воздуха и подъемного газа [1, с. 20; 21]. Если m_K из (8) больше нуля, то ЛА будет летать, и не полетит, если меньше нуля. Формула (8)

является основной для последующих соображений. Подъемный газ рассматриваем как идеальный, подчиняющийся законам для идеальных газов.

Для регулирования подъемной силы ЛА во время полета имеется несколько способов. Из уравнения (8) можно изменять:

1. массу конструкции m_k ЛА:

- закачка/стравливание балластного воздуха;
- нагревание/охлаждение балластного воздуха;

2. плотность подъемного газа ρ_r , его массу и объем V_r :

- стравливание подъемного газа в атмосферу;
- сжатие и закачка подъемного газа из оболочки в емкости (газовые мешки или металлические баллоны высокого давления);
- стравливание подъемного газа из емкостей в оболочку;
- сжатие/расширение газовой оболочки;
- нагрев/охлаждение газа за счет чего происходит уменьшение плотности;

3. Плотность окружающего воздуха (контролируемо изменять этот процесс невозможно, поэтому рассматривать не будем).

Масса ЛА при полете не изменяется, если на ЛА установлены электродвигатели, и сильно изменяется если установлены, например, ДВС. В «золотой» век дирижаблей увеличение подъемной силы газа за счет уменьшения массы топлива (использовались ДВС) дирижабля жесткой конструкции во время полета компенсировалось стравливанием водорода, а при посадке для уравнивания ЛА сбрасывался водный балласт.

Рассмотрим изменение массы конструкции m_k . Единственным источником дополнительной массы для ЛА во время полета является окружающий воздух. С помощью системы из емкостей для воздуха (металлических баллонов или воздушных мешков) и компрессоров можно регулировать массу ЛА в достаточно широких пределах от граммов до сотен килограммов. Воздушные мешки имеют маленькую массу, их можно сделать достаточно больших объемов, способных выдержать небольшие избыточные давления. Так же для

них не требуется мощных и, как следствие, тяжелых компрессоров. Такие мешки выгоднее использовать на ЛА больших объемов. Например, в ЛА объемом 10 000 м³, заполненным гелием, с полной грузоподъемностью в 11 т (при н.у) воздушный мешок с массой балластного воздуха 1 т и внутренним давлением в 2 атм займет объем 390 м³, это всего лишь 3,9% от объема гелия. Использование же баллонов высокого давления (например, газгольдеров) на ЛА большого объема не выгодно по сравнению с воздушными мешками. Газгольдеры имеют малый объем, но большую массу и требуют мощные и тяжелые компрессорные установки для закачки воздуха. Возможно такие баллоны малых объемов найдут применение в ЛА небольших объемов для точного регулирования.

Нагрев балластного воздуха так же позволяет регулировать подъемную силу в широком диапазоне только если ЛА выполнен по схеме термоплана. В таком аппарате подъемный газ придает ЛА нулевую плавучесть (уравновешивает массу ЛА), а нагретый воздух создает положительную подъемную силу, при охлаждении воздух выступает как балласт. Такая схема была разработана в нереализованном советском проекте ЛА – термоплана [2].

Изменение массы подъемного газа путем стравливания его в атмосферу экономически невыгодно в случае с гелием, в случае с водородом этот вариант предпочтительнее. Согласно уравнению состояния идеального газа,

$$p \cdot V = \frac{m}{\mu} \cdot R_o \cdot T, \quad (9)$$

где p – давление газа;

V – объем газа;

m – масса газа;

μ – молярная масса газа;

R_o – универсальная газовая постоянная;

T – температура газа;

при уменьшении массы газа (в следствие стравливая или утечек) уменьшается плотность (объем оболочки не меняется) и уменьшается подъемная сила. В то же время повышая температуру так чтобы давление

изменялось незначительно, можно увеличить плотность газа и увеличить подъемную силу.

Рассмотрим изменение объема подъемного газа. Подъемные газы имеют высокую диффундирующую способность, поэтому большие объемы газа сжимать и закачивать нужно в металлические баллоны. Например, в баллон 100 л уместится при давлении в 150 атм всего лишь 15 м³ гелия (при н.у). Система из подобных баллонов и компрессора, как было сказано ранее, имеет большие массы, неприемлемые для использования. Возможен вариант выпуска подъемного газа из баллонов в оболочку, для компенсации утечек при длительных полетах без возможности обратного сжатия. Например, в дирижабле жесткой системы Dragon Dream компании Aeroscraft реализована система переменной плавучести COSH (Control Of Static Heaviness). Система состоит из 18-ти емкостей с гелием, в которых давление непостоянное. Изменение давления гелия происходит за счет воздействия на емкости с гелием внутренних воздушных камер. Для уменьшения подъемной силы ЛА в воздушные камеры закачивается воздух. Камеры расширяются и уменьшают объем емкостей с гелием. Для увеличения подъемной силы ЛА, воздух из воздушных камер стравливается [3]. Нагрев гелия и воздуха в системе не реализован. Получается система которая управляет подъемной силой ЛА двумя способами – закачкой балластного воздуха и изменением объема оболочек подъемного газа.

Регулирование статической подъемной силой ЛА легче воздуха может происходить как одним из описанных способов так и их комбинацией. Не исключено и то, что могут быть найдены и иные способы регулирования статической подъемной силы из соображений, описанных в формуле (8). В виду того что на сегодняшний день слишком мало реализовано интересных проектов ЛА легче воздуха, сказать точно какой из способов регулирования подойдет для того или иного ЛА, и какой из способов проще в технологическом и конструктивном исполнении пока не представляется возможным.

Список литературы:

1. Когутов И. Газовое дело в дирижаблестроении. – М.: Редакционно-издательский отдел Аэрофлота, 1938. 328 с.
2. Небесный тяжеловес: НЛО российской сборки. – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <https://www.porpmech.ru/technologies/10064-nebesnyu-tyazheloves-nlo-rossiyskoy-sborki/>.
3. Aeroscraft Dragon Dream – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – <http://aeroscraft.com/technology-copy/4580412172>.

ЖИДКОСТНЫЕ РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Малышев Евгений Романович

*студент, Южно-Уральский государственный университет,
РФ, г. Челябинск*

Никулов Михаил Константинович

*студент, Южно-Уральский государственный университет,
РФ, г. Челябинск*

Ракетным двигателем (РД) называют реактивный двигатель, не использующий для своей работы из окружающей среды ни энергию, ни рабочее тело. Таким образом, *РД* – это установка, имеющая источник энергии и запас рабочего тела и предназначенная для получения тяги путем преобразования любого вида энергии в кинетическую энергию рабочего тела, отбрасываемого от двигателя в окружающую среду.

Жидкостный ракетный двигатель (ЖРД) – химический ракетный двигатель, использующий в качестве ракетного топлива жидкости, в том числе сжиженные газы [1].

Может функционировать в атмосфере и в космическом (межпланетном) пространстве. По количеству используемых компонентов различаются одно-, двух- и трёхкомпонентные ЖРД.

ЖРД – основной тип двигателей на космических кораблях. Широко применяется также в высотных исследованиях и боевых баллистических ракетах дальнего действия, зенитных управляемых ракетах; ограниченно – в боевых ракетах других классов, на экспериментальных самолётах и др.

Типы ракетных двигателей

Двигатели, использующие ядерную, электрическую и тепловую энергию, составляют класс *нехимических РД*. Эти двигатели пока находятся в стадии теоретических разработок и опытных исследований.

Большинство практически применяемых в настоящее время РД используют химическую энергию, носителем которой является топливо. Топливо может быть одно-, двух- и трёхкомпонентным. Чаще всего используют

двухкомпонентное топливо, состоящее из горючего и окислителя. Источником энергии в этом случае является реакция горения (экзотермическая, идущая с выделением тепла). Экзотермической реакцией может быть также реакция разложения некоторых веществ, или ассоциация (рекомбинация) атомов и радикалов. Химическая энергия топлива преобразуется в камере сгорания (КС) в тепловую энергию продуктов реакции (продуктов сгорания). Затем тепловая энергия в сопле переходит в кинетическую энергию вытекающих продуктов сгорания (ПС), в результате чего образуется реактивная сила (тяга).

Химические РД (в зависимости от агрегатного состояния топлива до его использования в двигателе) можно разделить на следующие основные группы:

- жидкостные ракетные двигатели (ЖРД);
- ракетные двигатели твердого топлива (РДТТ);
- гибридные (комбинированные) ракетные двигатели (ГРД), использующие топливо смешанного агрегатного состояния [2].

Устройство и принцип действия ЖРД

Основной агрегат ЖРД, где создается тяга, – это камера сгорания двигателя. На рисунке 1 приведена камера ЖРД, работающая на двухкомпонентном топливе. Она состоит из камеры сгорания 6 и сопла 7, конструктивно представляющие собой одно целое. Камера сгорания имеет смесительную головку 4, на которой размещены специальные устройства – форсунки 3 и 5, служащие для подачи компонентов топлива в КС. Стенки камеры изготавливают, как правило, двойными для создания зазора между внутренней огневой стенкой 2 и наружной силовой рубашкой 1, связанных между собой с помощью гофров, ребер или выштамповок. По зазору протекает компонент или компоненты топлива, охлаждающие КС.

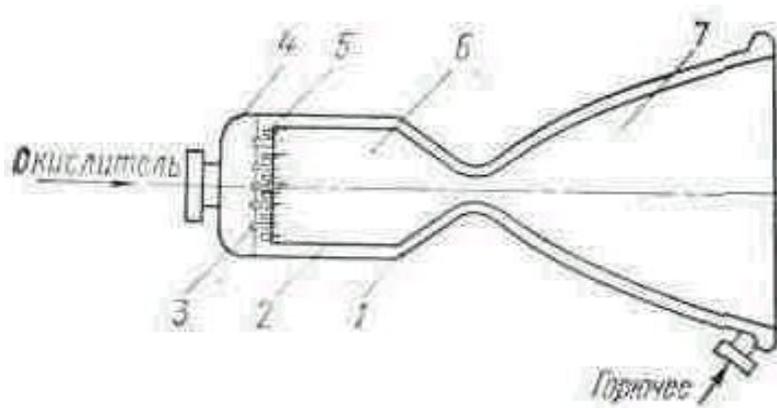


Рисунок 1. Схема камеры ЖРД

Рабочий процесс в камере ЖРД можно представить в следующем виде. Горючее и окислитель впрыскиваются под давлением в камеру сгорания через форсунки, дробятся на мелкие капли, перемешиваются, испаряются и воспламеняются. Воспламенение (зажигание) топлива может осуществляться химическими, пиротехническими и электрическими средствами (часто компоненты топлива являются самовоспламеняющимися).

Топливо после воспламенения горит при высоких давлениях (в некоторых случаях до 15–20 МПа и более). При горении топлива образуются газообразные продукты сгорания (рабочее тело), нагретые до высоких температур (3000-4500 К), которые истекают из камеры сгорания в окружающее пространство через сопло. По мере движения ПС по длине сопла температура и давление их уменьшаются, а скорость возрастает, переходя через скорости звука в минимальном (критическом) сечении сопла. На выходе из сопла скорость истечения достигает 2700-4500 м/с. Чем больше секундный расход массы и скорость газа на выходе из сопла, тем больше тяга, создаваемая КС [3].

Примерный характер изменения температуры T , давления p и скорости w топлива и газов по длине камеры ЖРД изображен на рисунке 2.

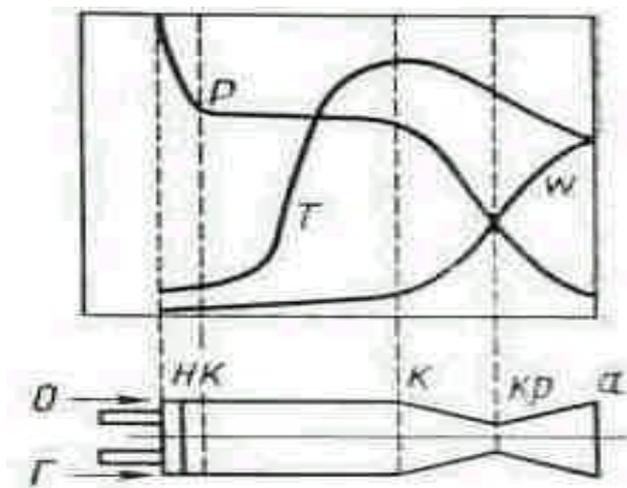


Рисунок 2. Измерение давления p , температуры T и скорости движения продуктов сгорания w по длине камеры ЖРД: o – окислитель; $г$ – горючее; $нк$ – сечение начала; $к$ – сечение конца; $кр$ – критическое сечение; $а$ – сечение среза сопла

Высокие термо- и газодинамические параметры (давление, температура, скорость) газа, а также коррозионное и эрозионное воздействие ПС на стенку камеры создают чрезвычайно тяжелые условия ее работы. Обычно для надежной работы камеры помимо интенсивного наружного (регенеративного) охлаждения применяют специальные методы защиты: пристеночную зону с пониженной температурой газа (внутреннее охлаждение), специальные термостойкие покрытия стенок и т. д. Применение внутреннего охлаждения, как правило, уменьшает удельный импульс, что невыгодно, так как снижается экономичность двигательной установки.

В общем же случае ЖРД состоит из КС (или нескольких камер), систем регулирования и подачи компонентов топлива, исполнительных устройств для создания управляющих моментов, соединительных магистралей и т. п. Система регулирования осуществляет автоматическое поддержание или программированное изменение параметров в камере для обеспечения заданных величин тяги, определенного соотношения компонентов, устойчивой работы КС, а также управляет переходными процессами, например запуском и остановкой двигателя. Для системы регулирования применяют различные клапаны, редукторы, запальные устройства и другие элементы, называемые

органами автоматики, назначение которых – осуществление определенных измерений в заданной последовательности [3].

Компоненты в камеру сгорания подают или с помощью вытеснительной системы подачи, или с помощью насоса. В последнем случае систему называют насосной. Обычно для привода насосов используют турбину. Поэтому агрегат, состоящий из насосов и турбин, называют *турбонасосным (ТНА)*. Рабочее тело для привода турбины обычно получают в газогенераторе (ГГ). Моменты, управляющие летательным аппаратом, как правило, создаются либо поворотом камеры ЖРД относительно оси, либо изменением величины тяг неподвижных камер.

ЖРД занимает особое место в ракетной технике и широко используется в освоении космического пространства.

Заключение

Сегодня ЖРД используется в космических программах и тяжелом ракетном вооружении в основном как двигатель космических аппаратов и ракет-носителей.

Основными преимуществами ЖРД являются:

- наивысший удельный импульс в классе;
- возможность выполнения полной остановки и повторного запуска в паре с управляемостью по тяге дает повышенную маневренность;
- значительно меньший вес топливного отсека в сравнении со твердотопливными двигателями.

Среди недостатков ЖРД можно выделить:

- более сложное устройство и дороговизна;
- повышенные требования к безопасной транспортировке;
- в состоянии невесомости необходимо задействовать дополнительные двигатели для осаждения топлива [4].

Однако основным недостатком ЖРД является предел энергетических возможностей топлива, что ограничивает космическое освоение с их помощью до расстояния Венеры и Марса.

Список литературы:

1. Добровольский М. В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования: Учебник – 3-е изд., доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016 – 461 с.
2. Жуковский А. Е. Испытания жидкостных ракетных двигателей: Монография – М.: Книга по Требованию, 2012 – 101 с.
3. Мелькумов Т. М. и др. Ракетные двигатели: Учебное пособие – М.: Машиностроение, 2012 – 400 с.
4. Рассел Джесси Жидкостный ракетный двигатель: Монография – М.: VSD, 2012 – 112 с.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ГАБАРИТОВ ПАССАЖИРСКИХ ПЛАТФОРМ ПВПВ-1

Протасов Никита Михайлович

*студент, Иркутский государственный университет путей и сообщений,
РФ, г. Иркутск*

Вербитская Анастасия Константиновна

*студент, Иркутский государственный университет путей и сообщений,
РФ, г. Иркутск*

Покацкая Анастасия Павловна

*студент, Иркутский государственный университет путей и сообщений,
РФ, г. Иркутск*

Веретенникова Елена Евгеньевна

*студент, Иркутский государственный университет путей и сообщений,
РФ, г. Иркутск*

Туманов Дмитрий Олегович

*студент, Иркутский государственный университет путей и сообщений,
РФ, г. Иркутск*

Куручкин Валерий Анатольевич

*научный руководитель, канд. техн. наук, доц.,
Иркутский государственный университет путей и сообщений,
РФ, г. Красноярск*

Для обеспечения структурных подразделений Центральной дирекции пассажирских обустройств современными измерительными инструментами для проведения инструментальных замеров габаритов пассажирских платформ требуется сертифицированное устройство [1, с. 56]. В настоящее время единственным прибором для осуществления таких замеров является немецкий шаблон для замера габарита Robel 83.87, но и стоимость данного прибора достаточно высока. Становится очевидным необходимость отечественного прибора для измерения габарита пассажирских платформ.

Цель работы – разработка конструкции прибора для инструментальных замеров габаритов пассажирских платформ, позволяющая делать промеры более быстрыми и доступными.

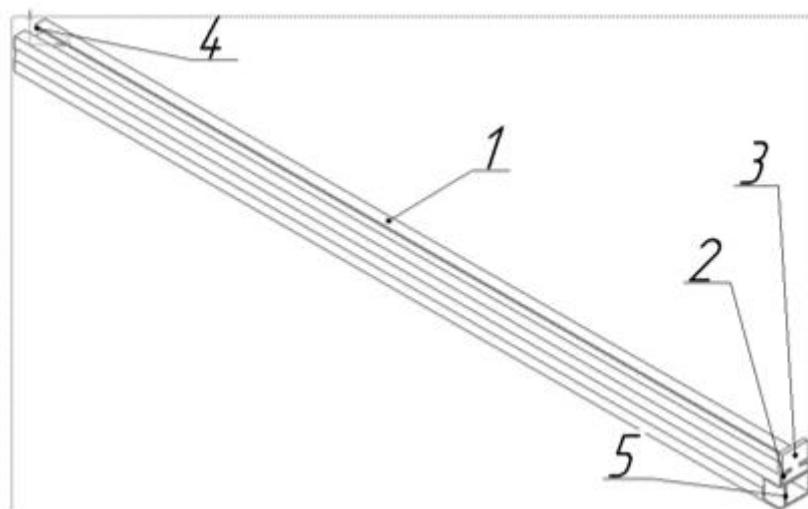


Рисунок 1. ПВПВ-1

Конструкция предлагаемого прибора ПВПВ-1 (Рисунок 1) включает: 1 – корпус из алюминиевого профиля АЛ-268 размером 40x40; 2 – штыревые фиксаторы; 3 – ползун, свободно перемещающийся внутри корпуса 1; оптический дальномер – 4, зеркало толщиной в 2 мм – 5, измерительная шкала на корпусе прибора с ценой деления 1 мм [1, с. 2].

Последовательность работы:

1. Устанавливаем прибор на платформу.

2. Ослабляем фиксирующее устройство приводя в действие ползунный механизм, при этом ползун остается на платформе, а корпус относительно уровня платформы опускается вниз до тех пор, пока не достигнет уровня головки рельса. В данном положении фиксируем показания прибора.

3. Приводим оптический лазерный дальномер в рабочий режим и снимаем с него соответствующие показания.

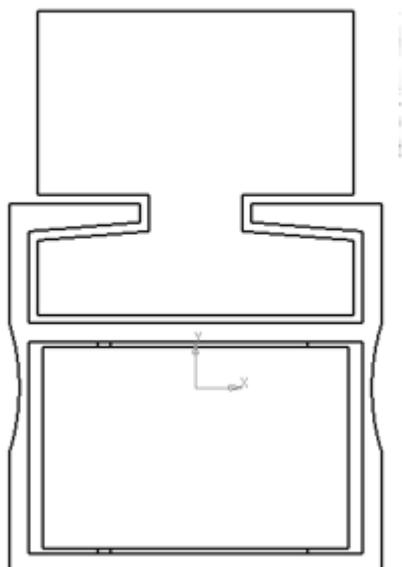


Рисунок 2. Устройство в разрезе

Преимущества ПВПВ заключаются в упрощении технологического процесса измерения габарита пассажирских платформ, так же затраты на производство измерительного прибора меньше, чем на покупку прибора за рубежом, простота эксплуатации и транспортировки, обладает меньшей массой, прибор специализирован для измерения габарита пассажирских платформ и имеет высокую точность измерений.

Недостатком является то, что прибор предназначен только для измерения габарита пассажирских платформ, дополнительные затраты на специализированный оптический лазерный дальномер.

Таблица 1.

Расчет стоимости опытного образца

№	Наименование элемента	Стоимость элемента
1	Корпус из алюминиевого профиля АЛ-268 размером 40х40	1 п. м. – 270 руб.
2	Оптический лазерный дальномер	3990 руб.
3	Зеркало	200 руб.
4	Фиксирующее устройство	500 руб.
5	Клеящееся средство	500 руб.
6	Крепление для зеркала	500 руб.
7	Ползун	700 руб.
8	Болты для крепления дальномера	100 руб.

Общая стоимость опытного образца составляет около 7 тысяч рублей, что в разы дешевле немецкого измерительного прибора.

В заключении данной работы мы разрабатывали прибор для инструментальных замеров габаритов пассажирских платформ. Данный прибор позволит значительно сэкономить затраты времени рабочих, больше не потребуется транспортировка из-за границы, так как данное устройство можно будет изготавливать на территории предприятия, также по технико-экономическим показателям этот прибор является перспективной конструкцией.

Список литературы:

1. Технические условия ИНШК-273 ТУ.
2. Цем-инструментс <http://www.cem-instruments.ru>.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНО-СБОРНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САД-СИСТЕМ

Симанов Алексей Павлович

*ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
РФ, г. Севастополь*

Пянковская Мария Витальевна

*аспирант, ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
РФ, г. Севастополь*

Богущий Владимир Борисович

*научный руководитель, канд. техн. наук, доц.,
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»,
РФ, г. Севастополь*

Универсально-сборные приспособления достаточно широко используются на машиностроительных предприятиях в условиях единичного и мелкосерийного производства, а также при освоении новой продукции в серийном производстве. Проектирование компоновки УСП включает в себя разработку комплекса технической документации содержащей расчеты, чертежи, технико-экономические обоснования и завершается созданием конструкторской рабочей документации [2].

Первым этапом проектирования компоновки УСП является выбор исходных данных.

Исходными данными для проектирования компоновок УСП являются:

- рабочий чертеж обрабатываемой заготовки со всеми техническими условиями;
- 3D-модель детали, выполненной в программе Autodesk Inventor;
- описание технологической операции, содержание переходов;
- операционный эскиз обрабатываемой заготовки с указанием схемы ее установки;
- используемые технологические базы и их установочные размеры;

- применяемый инструмент, его размеры, траектория движения и материал режущей части;
- режимы резания: скорость, подача, сила резания;
- программа выпуска деталей;
- дополнительные указания технолога;
- вид зажимных устройств;
- проектная норма штучного времени;
- время, отводимое для установки, закрепления и снятия заготовки;
- библиотека компоновок УСП, применяемых на предприятиях;
- размеры присоединительных мест, размеры и расположение Т-образных пазов оборудования, на котором будет выполняться технологическая операция.

Компоновки универсально-сборных приспособлений собираются при необходимости из имеющегося на предприятии комплекта стандартных или нормализованных деталей. После выполнения на них обработки партии деталей компоновки разбираются и при необходимости собираются новые компоновки, которые затем используют для обработки другой партии деталей. Срок службы элементов комплекта УСП при достаточно интенсивной эксплуатации до 25 лет. Количество элементов в комплекте УСП определяет число компоновок, которое можно одновременно собрать из комплекта в течение года [4; 5].

В формализованном виде проектирование компоновки технологической оснастки на основе УСП с использованием САД-систем можно представить в виде алгоритма (рисунок 1).

Этап 1 – ввод исходных данных. На этом этапе вводятся в систему рабочий чертеж обрабатываемой заготовки; 3D-модель детали; формализованное описание технологической операции (характеристики применяемого инструмента, последовательность и содержание переходов, используемые технологические базы и их размеры, режимы резания (скорость резания, подача инструмента, сила резания)); программа выпуска деталей; паспортные данные станка, на котором производится операция (размеры присоединительных мест, размеры и расположение Т-образных пазов и др.).

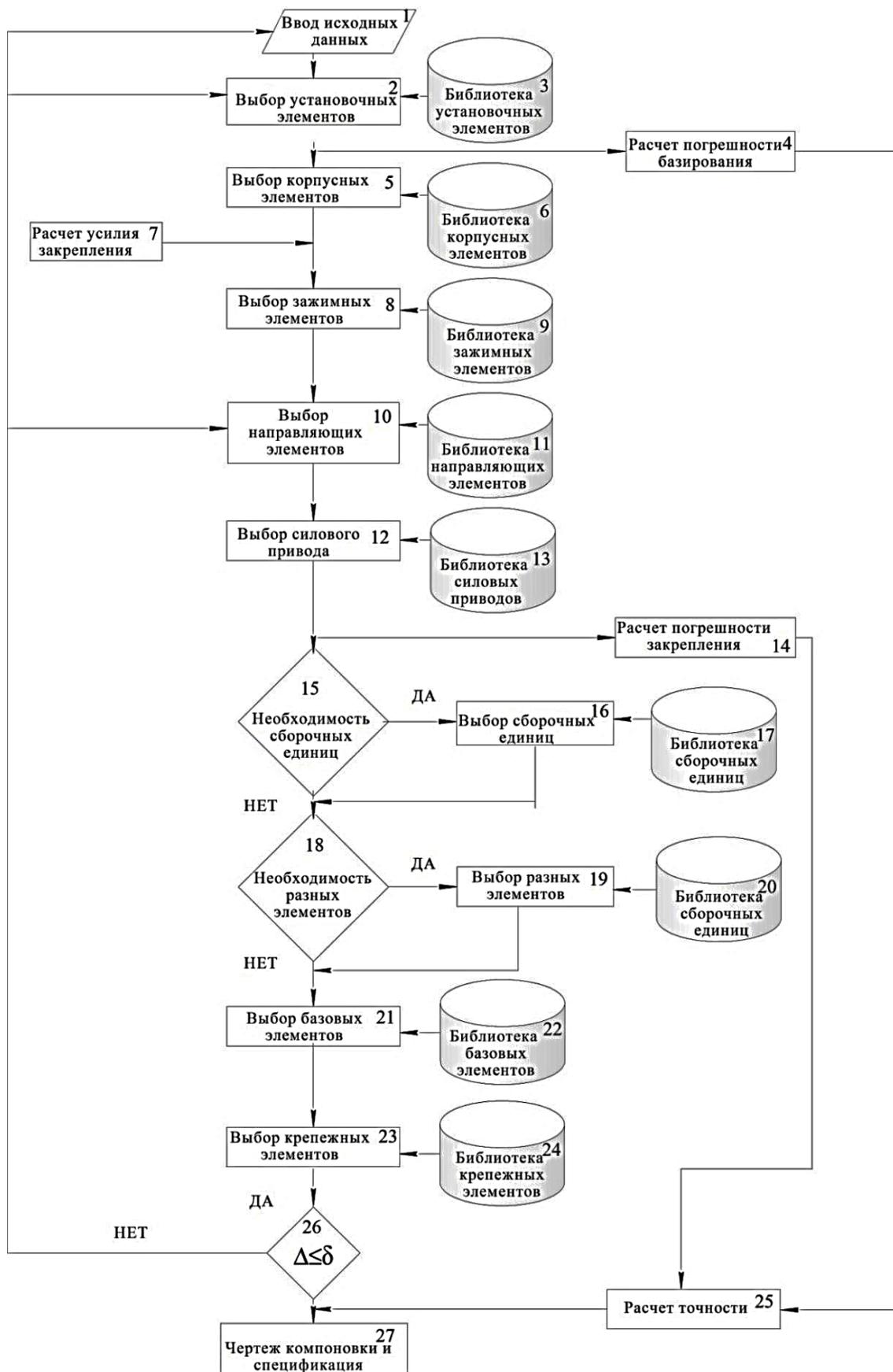


Рисунок 1. Блок-схема алгоритма проектирования универсально-сборных приспособлений с использованием САД-системы

Этап 2 – выбор установочных элементов (блок 2) из библиотеки установочных элементов УСП (блок 3). Положение базовых поверхностей заготовки в пространстве должно быть определено и не иметь возможности сдвига и (или) вращения относительно трех координатных осей. Расстояние между опорами принимают, возможно, большим, чтобы под действием сил не возникал опрокидывающий момент [1].

Этап 3 – расчет погрешности базирования (блок 4). Погрешность базирования во многом определяет точность обработки на проектируемой технологической оснастке. Выполняется с помощью подпрограммы «Расчет погрешности базирования» реализуемой в Microsoft® Excel и связанной макросом в Autodesk Inventor.

Этап 4 – выбор корпусных элементов (блок 5) из библиотеки корпусных элементов (блок 6). Выбор типа корпусных элементов определяется размерами и формой обрабатываемой заготовки, типом станка, особенностями компоновки отдельных элементов УСП и др. Выбранный элемент должен удовлетворять следующим основным требованиям: удобство установки и снятия заготовок и очистки УСП от стружки; достаточная прочность, жёсткость и устойчивость, удобство его крепления на столе станка; и что особенно важно при эксплуатации на станке с ЧПУ – свободный подход и выход режущего инструмента [3].

Этап 5 – расчет усилия закрепления обрабатываемой детали (блок 7). Выполняется с помощью подпрограммы «Расчет усилия закрепления» реализуемой в Microsoft® Excel и связанной макросом с Autodesk Inventor.

Этап 6 – выбор конструкции зажимных элементов (блок 8) предназначенных для обеспечения надежного контакта обрабатываемой детали с установочными элементами и предотвращение ее смещения, а также вибрации в процессе обработки. Выбор производится из библиотеки зажимных элементов (блок 9).

Этап 7 – выбор направляющих элементов (кондукторные втулки, копиры) (блок 10) применяемые для устранения упругих отжатию инструмента и

придания ему определенного положения относительно заготовки. Выбор производится из библиотеки направляющих элементов (блок 11).

Этап 8 – выбор типа и конструкции силового привода (блок 12) предназначенного для создания исходной силы, необходимой для закрепления заготовки. Как правило, в компоновке УСП применяется силовой привод, приводимый в действие непосредственно рабочим (винтовой, эксцентриковый и т.п.). Выбор производится из библиотеки силовых приводов (блок 13).

Этап 9 – Расчет погрешности закрепления детали (блок 14). Выполняется с помощью подпрограммы «Расчет погрешности закрепления» реализуемой в Microsoft® Excel и связанной макросом с Autodesk Inventor.

Этап 10 – оценка возможности использования и выбор сборочных единиц (блок 15), служащих для ускорения сборки компоновок УСП (поворотные головки, фиксаторы, центровые бабки и пр.). Выбор производится из библиотеки сборочных единиц.

Этап 11 – оценка необходимости применения разных элементов (шайбы стопорные и упорные, кольца, рукоятки, пружины и пр.) (блок 18). Если они необходимы, то выполняется их выбор (блок 19) из библиотеки разных элементов (блок 20).

Этап 12 – выбор базовых элементов УСП (блок 21) применяемые в качестве основания для сборки компоновки УСП. Выбор производится из библиотеки базовых элементов (блок 22).

Этап 13 – выбор крепежных элементов УСП (блок 23), предназначенных для соединения между собой элементов УСП при сборке компоновки. Выбор производится из библиотеки крепежных элементов (блок 24).

Этап 14 – расчет точности компоновки УСП (блок 25). Выполняется с помощью подпрограммы «Расчет точности компоновки УСП» выполняемой в Microsoft® Excel и связанной макросом с Autodesk Inventor.

Этап 15 – проверка обеспечения точности обработки на спроектированной компоновке УСП (блок 26). Если условие выполняется, то далее выполняется этап 16, если же нет, то происходит возврат на (блок 1) для корректировки

исходных данных, на (блок 2) для изменения выбранных установочных элементов или на (блок 10) для изменения выбранных или направляющих элементов.

Этап 16 – создается необходимая конструкторская документация (чертеж сборки УСП и спецификация) (блок 27).

Список литературы:

1. Выбор установочных элементов – [Электронный ресурс] – URL: http://studbooks.net/1715191/tovarovedenie/vybor_ustanovochnyh_elementov_pri_sposobleniya. – Дата обращения 17.02.17.
2. Исходные данные для проектирования – [Электронный ресурс] – URL: http://www.gefestproekt.ru/services_1_stadii_proektirovaniya_sbor_iskhodnykh_dannykh.html. – Дата обращения 23.02.17.
3. Корпусные элементы приспособлений – [Электронный ресурс] – URL: <http://www.szkv.ru/korpusnyie-elementyi-prisposobleniy.html>. – Дата обращения 17.02.17.
4. Пянковская М.В. Evaluation assembly precision UPF / М.В. Пянковская, В.Б. Богущкий // Journal of advanced research in technical science. – 2017. – С.28–31.
5. Cecil J. (2001). A clamping design approach for automated fixture design. Advanced Manufacturing Technology, 18, P.784–789.

СЕКЦИЯ 2.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ИЗЛОМА ПУТЕВОГО ШУРУПА ПРОМЕЖУТОЧНОГО СКРЕПЛЕНИЯ ЖБР-Ш65

Протасов Никита Михайлович

*студент, Иркутский государственный университет путей и сообщений,
РФ, г. Иркутск*

Вербитская Анастасия Константиновна

*студент, Иркутский государственный университет путей и сообщений,
РФ, г. Иркутск*

Покацкая Анастасия Павловна

*студент, Иркутский государственный университет путей и сообщений,
РФ, г. Иркутск*

Веретенникова Елена Евгеньевна

*студент, Иркутский государственный университет путей и сообщений,
РФ, г. Иркутск*

Туманов Дмитрий Олегович

*студент, Иркутский государственный университет путей и сообщений,
РФ, г. Иркутск*

Науменко Дмитрий Алексеевич

*научный руководитель, старший преподаватель,
Иркутский государственный университет путей и сообщений, РФ, г.
Красноярск*

Важнейшим элементом верхнего строения железнодорожного пути является промежуточное скрепление, прикрепляющее рельсы к шпалам [1, с. 12]. Без этого узла, работоспособность пути в принципе невозможна, так как становится возможна раскантовка рельса, изменение ширины колеи и как следствие – сход поезда с рельсов.

Однако в ходе эксплуатации у скрепления ЖБР-65Ш было выявлено, что при недостаточной затяжке шурупа, имелись случаи его излома из-за передачи боковых нагрузок от подвижного состава на вертикальный упор упорной

скобы, которая при смещении и ломала шуруп (Рисунок 1). Излом выражается в отрыве головки от тела.

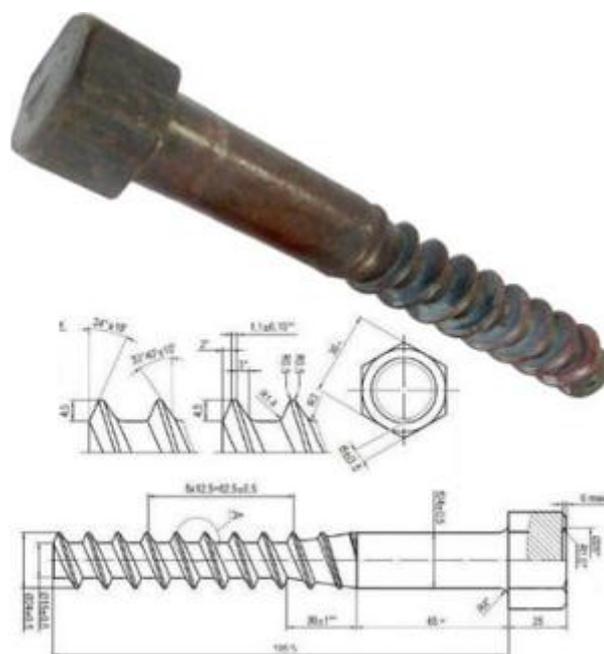


Рисунок 1. Путевой шуруп ЦП-54

Более того в публикациях журналов: «Путь и путевое хозяйство», «Железные дороги мира», «Вестник ВНИИЖТ», газеты «Гудок» за последние 5 лет вопрос усиления шурупов абсолютно не освещался, что подтверждается выполненным литературным обзором.

Таким образом, упомянутый дефект скрепления ЖБР-Ш может рассматриваться, как актуальная научная проблема, поскольку планы технической политики ОАО «РЖД» не предусматривают его замены в ближайшее время. В рамках данной работы ставилась задача исследования шурупов.

Для проведения исследований нашей научной группе были предоставлены опытные образцы в определенном количестве Красноярской дирекцией по ремонту пути. Остальная часть опытных образцов была добыта собственными силами. Один из образцов приведён на рисунке 2.



Рисунок 2. Опытный образец №1

Более подробное исследование причин излома шурупа становится невозможным из-за отсутствия привязки к местности опытных образцов.

Опрос работников дистанции пути позволил установить значительно большую частоту излома в кривых малого радиуса грузонапряженных участков. Было принято решение отобрать некоторое количество разрушенных шурупов, после чего перейти к исследованию параметров излома с целью выявления его причин методами материаловедения и сопротивления материалов [2, с. 48].

В 95% случаях излом путевого шурупа произошел в пределах второго витка.

На основании нормативных показателей прочности стали, были произведены расчеты на прямой разрыв и разрушение на скручивание. Металлографическое исследование опытных образцов произвести не удалось.

Угол разрыва

$$\beta = \arctg\left(\frac{h_{max}-h_{min}}{b}\right), \text{ град} \quad (1)$$

где: h_{max} –минимальная высота грани шурупа,

h_{min} –максимальная высота грани шурупа,

b – ширина шурупа.

Разница высот граней шурупа

$$\Delta h = h_{max} - h_{min}, \text{ мм} \quad (2)$$

Длина разрыва

$$a = \frac{\Delta h}{\sin\beta}, \text{ мм} \quad (3)$$

Площадь сечения

$$S = \pi \cdot \frac{a}{2} \cdot \frac{b}{2}, \text{ мм}^2 \quad (4)$$

Продольное напряжение для наклонного сечения

$$\sigma_{\beta} = \sigma \cdot \cos\beta^2, \text{ Мпа} \quad (5)$$

Касательное напряжение для наклонного сечения

$$\tau_{\beta} = \sigma/2 \cdot \sin 2\beta, \text{ Мпа} \quad (6)$$

где: σ – продольное напряжение.

Растягивающая сила

$$N = \sigma_{\beta} \cdot S, \text{ кН} \quad (7)$$

Моменты сопротивления

$$W_x = 0,7854 \cdot b \cdot a^2, \text{ мм}^3 \quad (8)$$

$$W_y = 0,7854 \cdot b^2 \cdot a, \text{ мм}^3 \quad (9)$$

Крутящие моменты

$$T_x = \tau_{\beta} \cdot W_x, \text{ м}\cdot\text{Н} \quad (10)$$

$$T_y = \tau_{\beta} \cdot W_y, \text{ м}\cdot\text{Н} \quad (11)$$

Отметка позиции

$$L_{\text{Поз}} = \frac{h_{\text{max}} - h_{\text{min}}}{2}, \text{ мм} \quad (12)$$

Полученные характеристики излома шурупа указывают на то, что он ломается под действием боковой силы (Рисунок 3).

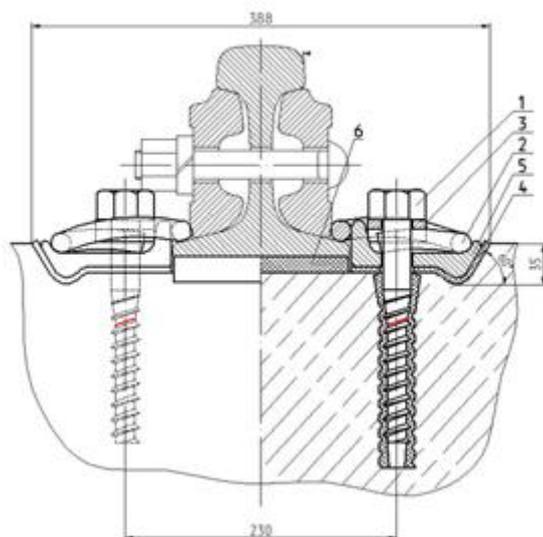


Рисунок 3. Излом путевого шурупа

Однообразие статистических характеристик местоположения излома позволяет нам утверждать, что шурупы были сломаны одним и тем же действующим фактором.

В рамках опровержения гипотезы о других возможных причинах излома нами были произведены расчеты предельной растягивающей силы и предельных крутящих моментов, соответствующих разрушению на разрыв и на срез исходя из паспортных характеристик материала [3, с. 25]. Полученные значения составили: 77 кН растягивающая сила на разрыв и 483 Н·м крутящий момент. Сравнение полученных сил и моментов производилось с расчетами пути на прочность и с крутящим моментом путевого инструмента.

Таблица 1.

Статистический анализ

Номер измерения	минимальное	максимальное	среднее	угол разрыва	ширина сечения	расчетная длина разрыва	расчетная площадь	расчетное усилие растяжения	расчетный скручивающий момент
1	104,7	116,7	110,7	42,7094	13	17,6918	180,6365	47,7908	780,4677
2	95,2	105,7	100,45	34,992	15	18,3098	215,7076	70,9374	909,1987
3	92,2	96,6	94,4	15,4683	15,9	16,4976	206,0189	93,7686	428,0888
4	87,8	92	89,9	14,7968	15,9	16,4454	205,3669	94,0663	408,6303
5	95,7	107,3	101,5	41,9627	12,9	17,3485	175,7686	47,6204	742,8898
6	97,4	101	99,2	14,226	14,2	14,6494	163,3778	75,2205	279,3613
7	94	96,2	95,1	8,5117	14,7	14,8637	171,6068	82,2452	182,955

8	91,6	96,5	94,05	17,7583	15,3	16,0655	193,0524	85,7958	441,4341
9	93,4	100,4	96,9	25,7693	14,5	16,1012	183,3653	72,8669	566,3971
10	94,1	98,9	96,5	19,3087	13,7	14,5165	156,1973	68,1686	346,7124
11	93,7	96,4	95,05	10,4077	14,7	14,9459	172,5557	81,7929	224,5357
12	92	96,5	94,25	14,9103	16,9	17,4889	232,1336	106,2147	494,6214
Минимум	87,8	92	89,9	8,5117	12,9	14,5165	156,1973	47,6204	182,955
Максимум	104,7	116,7	110,7	42,7094	16,9	18,3098	232,1336	106,2147	909,1987
Среднее	94,31666667	100,35	97,33333	21,7351	14,725	16,243683	187,982283	77,2073417	483,7743583
Диапазон	16,9	24,7	20,8	34,1977	4	3,7933	75,9363	58,5943	726,2437
Проценты	17,92%	24,61%	21,37%	157,34%	27,16%	23,35%	40,40%	75,89%	150,12%
СКО	4,057279279	6,694841977	5,260976	11,8947	1,19020	1,2936128	22,7985950	17,5929056	228,0162779
	4,30%	6,67%	5,41%	54,73%	8,08%	7,96%	12,13%	22,79%	47,13%
Ошибка среднего значения	1,171235642	1,932634409	1,518713	3,43372	0,34358	0,3734338	6,58138749	5,07863439	65,82262971
Показатель точн. Ср. знач.	1,24%	1,93%	1,56%	15,80%	2,33%	2,30%	3,50%	6,58%	13,61%

Таким образом достигнутые результаты позволяют сделать вывод, что все остальные причины, кроме излома под действием боковой силы или некачественного изготовления шурупа можно заведомо исключить.

Список литературы:

1. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути. №2288р от 14.11.2016 г.
2. ГОСТ Р 54747-2011 Шпалы железобетонные для железных дорог колеи 1520 мм. Общие технические условия.
3. Шурупы путевые удлиненные с шестигранной головкой ЦП 54 ТУ 1293-165-01124323-2005.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ В ТОНКОЙ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНЕ

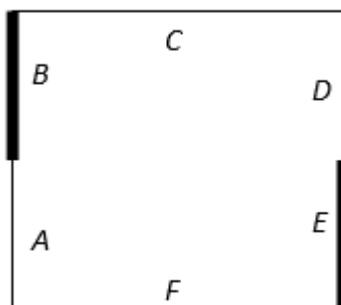
Сахибназарова Виктория Бахтиёровна
студент, СНИУ им. академика С.П. Королева,
РФ, г. Самара

В данной работе в качестве объекта исследования рассматривается квадратная пластина со стороной равной 1. Полагается также, что процесс теплопроводности описывается однородным уравнением с коэффициентом $a=1$:

$$u'_t - (u''_{xx} + u''_{yy}) = 0.$$

Начальная температура пластины: $u(x,y,0)=0$, т.е. температура внутри тела (за исключением границы) везде равна 0. Длина каждого участка изоляции, заданной на границе, равна 0,5.

Граничные условия:



- Участок A: $u(0, y, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \cdot 0,01}} e^{-\left(\frac{(y-0,5)^2}{0,0001}\right)}$.
- Участок B: теплоизоляция.
- Участок C: $u(x, 0, t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \cdot 0,1}} e^{-\left(\frac{(x-0,5)^2}{0,02}\right)}$.
- Участок D: $u(1, y, t) = 10^y$.
- Участок E: теплоизоляция.
- Участок F: $u(x, 1, t) = 10^x$.

Положим, что процесс температуропроводности внутри пластины описывается однородным дифференциальным уравнением, с коэффициентом $a=1[1]$:

$$u'_t - (u''_{xx} + u''_{yy}) = 0.$$

Положим также, что температура вдоль границ пластины B, E со временем не меняется (статична), а значения температуры вдоль остальных границ образуются граничными условиями 1 рода:

- Сторона A : $u_A(0, y) = \varphi_A(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \cdot 0,01}} e^{-\left(\frac{(y-0,5)^2}{0,0001}\right)}$.
- Сторона F : $u_F(x, 1) = \varphi_F(x) = 10^x, \quad x \in [0; 1]$
- Сторона D : $u_D(1, y) = \varphi_D(y) = 10^y, \quad y \in [0,5; 1]$
- Сторона C : $u_C(x, 0) = \varphi_C(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \cdot 0,1}} e^{-\left(\frac{(x-0,5)^2}{0,02}\right)}$

Пусть на границе B присутствует термоизоляция. Угол α отклонения нормали \vec{n}_B к границе B от оси x равен π . Тогда угол β отклонения нормали от оси y будет равен $\frac{\pi}{2} - \pi = -\frac{\pi}{2}$. Тогда граничное условие термоизоляция (условие 2-го рода) будет иметь вид:

- Сторона B : $\frac{\partial u_B}{\partial \vec{n}} = \cos(\pi) \frac{\partial u_B}{\partial x} + \cos\left(-\frac{\pi}{2}\right) \frac{\partial u_B}{\partial y} = -\frac{\partial u_B}{\partial x} = 0$.
- Сторона E : $\frac{\partial u_B}{\partial \vec{n}} = \cos(0) \frac{\partial u_B}{\partial x} + \cos\left(\frac{\pi}{2}\right) \frac{\partial u_B}{\partial y} = \frac{\partial u_B}{\partial x} = 0$

В качестве **начальных условий** положим, что при $t=0$ температура внутри пластины во всех точках равна 0:

- $u(x, y, 0)|_{(x,y) \in G \setminus \Gamma} = 0,$

т.е. температура внутри тела (за исключением границы) везде равна 0.

Приведённое описание предмета моделирования не даёт оснований для введения условий 3-го рода.

Для исследования динамики температуропроводности внутри пластины найдём решение дифференциального уравнения методом конечных разностей.

Для этого заменим все дифференциальные уравнения конечно-разностными аналогами.

Поскольку пластина квадратная, то шаги дискретизации выберем одинаковые по x и y , т.е. $h_x=h_y=h$, следовательно $\lambda=h_x/h_y=1$. Так как сторона квадрата равна 1, то $h=1/n$, n – количество делений дискретизации. Тогда шаг дискретизации по времени будет равен $\tau = \mu h^2$.

Конечно-разностная форма однородного дифференциального уравнения в данном случае примет вид:

$$u_{ij}^{k+1} = u_{ij}^k + \mu \left[u_{i+1j}^k - 4u_{ij}^k + u_{i-1j}^k + u_{ij+1}^k + u_{ij-1}^k \right].$$

Конечно-разностное уравнение граничного условия термоизоляции на границах В и Е получим из полученного выше соотношения:

$$\frac{\partial u_B}{\partial \vec{n}} = -\frac{\partial u_B}{\partial x} \approx \frac{u_{i+1j}^k - u_{ij}^k}{h_x} \Big|_{(x_i, y_j) \in B} = 0,$$

$$\frac{\partial u_E}{\partial \vec{n}} = \frac{\partial u_E}{\partial x} \approx \frac{u_{ij}^k - u_{i+1j}^k}{h_x} \Big|_{(x_i, y_j) \in E} = 0,$$

откуда следует, что на границах В и Е соответственно:

$$u_{ij}^k \Big|_{(x_i, y_j) \in B} = u_{i+1j}^k, \forall k=0,1,2,\dots$$

$$u_{ij}^k \Big|_{(x_i, y_j) \in E} = u_{i+1j}^k, \forall k=0,1,2,\dots$$

Построим теперь начальную матрицу температур тела

$$U^0 = \left[u_{ij}^0 = \begin{cases} \varphi_{ij}, & (x_i, y_j) \in \Gamma; \\ \phi_{ij}, & (x_i, y_j) \in G \setminus \Gamma \end{cases} \right]_{i=0, \bar{n}; j=0, \bar{n}} \quad \text{для } n=10, \text{ используя ранее полученные}$$

уравнения граничных и начальных условий. Вид матрицы U^0 приведен на рисунке 1.

	0	0	0		,9894					0
	0	0	0		0					1
,01	0	0	0		0					,5849
,17	0	0	0		0					,9953
,77	0	0	0		0					,5119
,26	0	0	0		0					,1623
,77	0	0	0		0					,9811
,17	0	0	0		0					,0119
,01	0	0	0		0					,3096
	0	0	0		0					,9433
	1	1	1,9952		0					1
	,259	,585	62315	,51	0					0

Рисунок 1. Результаты вычислений в графической форме

«Внутренние» элементы матрицы отражают начальное условие и будут равны 0. Первая строка матрицы будет соответствовать температуре на границе А и условию термоизоляции на границе В. Температура на границе В соответствует температуре в ближайших внутренних точках, т.е. равна 0. Первый столбец матрицы будет соответствовать температуре на границе С. Последняя строка матрицы будет соответствовать температуре на границе D и условию термоизоляции на границе Е, а последний столбец – на границе F.

Полученная матрица определяет температуру в точках пластины в нулевой момент времени (начальный временной слой). Следующие временные слои вычисляются уже с использованием полученных выше зависимостей.

V	E									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
W	C									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	,00	,26	,58	2,00	,51	,00	,00	,00	,00	,00
,9	,00	,77	,21	1,50	,56	,91	,84	,10	,78	,43
,8	,01	,60	,99	1,23	,32	,25	,37	,77	,58	,02
,7	,17	,62	,91	1,12	,26	,38	,61	,04	,74	,76
,6	,77	,81	,93	1,07	,23	,41	,67	,05	,59	,27
,5	,26	,93	,92	1,02	,17	,36	,60	,90	,29	,74
,4	,77	,73	,80	0,92	,09	,28	,46	,68	,95	,25
,3	,17	,44	,62	0,79	,00	,20	,30	,41	,58	,79
,2	,01	,25	,44	0,63	,90	,23	,12	,09	,16	,34
,1	,00	,12	,24	0,41	,76	,71	,87	,65	,66	,81
0	,00	,00	,00	0,00	,00	,99	,00	,00	,00	,00

Рисунок 2. Результаты вычислений в матричной форме

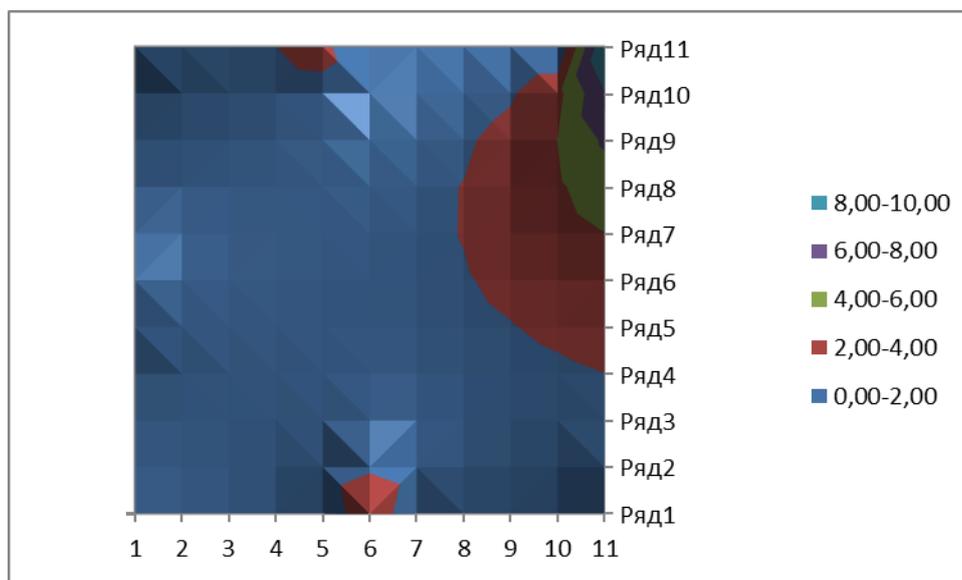


Рисунок 3. Результаты вычислений в графической форме

Исходя из проведенных исследований, можно сделать вывод, что на точность прогноза влияет не только предельное евклидово расстояние между входным вектором и центром кластера и размер обучающей выборки, но также и размер плавающего окна. Наилучшие результаты по прогнозу дают обучающая выборка размером 240, предельное евклидово расстояние равное 0,005 и размер плавающего окна, равный 3.

Список литературы:

1. Баландин А. В. Моделирование процесса температуропроводности в тонкой прямоугольной пластине. Методические указания. [Текст]. – Самара: СГАУ, 2014. – 27 с.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

**МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ТЕХНИЧЕСКИЕ
И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Электронный сборник статей по материалам I студенческой международной
заочной научно-практической конференции*

№ 10 (50)
Октябрь 2017 г.

В авторской редакции

Издательство «МЦНО»
127106, г. Москва, Гостиничный проезд, д. 6, корп. 2, офис 213

E-mail: mail@nauchforum.ru

