



**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ТЕХНИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ**

**Сборник статей
по итогам
Международной научно-практической конференции
09 июля 2021 г.**

Стерлитамак, Российская Федерация
Агентство международных исследований
Agency of international research
2021

УДК 00(082) + 62 + 501 + 51 + 53 + 67:69
ББК 94.3 + 30 + 22
А 437

Ответственный редактор:

Сукиасян Асатур Альбертович, кандидат экономических наук, доцент.

В состав редакционной коллегии и организационного комитета входят:

Алиев Закир Гусейн оглы, доктор философии аграрных наук, профессор РАЕ, академик РАПВХН

Бурак Леонид Чеславович, кандидат технических наук, доктор PhD в области пищевой технологии

Ванесян Ашот Саркисович, доктор медицинских наук, профессор

Васильев Федор Петрович, доктор юридических наук, доцент, член РАЮН

Датий Алексей Васильевич, доктор медицинских наук, профессор

Закиров Мунавир Закиевич, кандидат технических наук, профессор

Иванова Нионила Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Калужина Светлана Анатольевна, доктор химических наук, профессор

Козлов Юрий Павлович, доктор биологических наук, профессор, заслуженный эколог РФ

Кондрашин Андрей Борисович, доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор

Ларионов Максим Викторович, доктор биологических наук, профессор

Половения Сергей Иванович, кандидат технических наук, доцент

Прошин Иван Александрович, доктор технических наук, доцент

Старцев Андрей Васильевич, доктор технических наук, профессор

Шляхов Станислав Михайлович, доктор физико - математических наук, профессор

Юсупов Рахимьян Галимьянович, доктор исторических наук, профессор

А 437

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции (Омск, 09 июля 2021 г.). - Стерлитамак: АМИ, 2021. - 39 с.

ISBN 978-5-907491-06-9

Сборник статей подготовлен на основе докладов Международной научно-практической конференции «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ», состоявшейся 09 июля 2021 г. в г. Омск.

Научное издание предназначено для докторов и кандидатов наук, преподавателей вузов, докторантов, аспирантов, магистрантов, практикующих специалистов, студентов учебных заведений, а также всех, проявляющих интерес к рассматриваемой проблематике с целью использования в научной работе, педагогической и учебной деятельности.

Авторы статей несут полную ответственность за содержание статей, за соблюдение законов об интеллектуальной собственности и за сам факт их публикации. Редакция и издательство не несут ответственности перед авторами и / или третьими лицами и / или организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

Полнотекстовая электронная версия сборника размещена в свободном доступе на сайте <https://ami.im>

Издание статей размещено в научной электронной библиотеке elibrary.ru по договору № 1152 - 04 / 2015К от 2 апреля 2015 г.

ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТ – МОДА ИЛИ КОНЦЕПЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Аннотация

В статье рассмотрены актуальные перспективы развития авиационного и автомобильного электротранспорта. Выполнена качественная оценка возможности построения передовых образцов электротранспорта, представленных в качестве концептуальных мировыми лидерами отрасли. Представлены опорные точки исследований ведущих компаний авиастроения и авиаперевозок, способствующие укреплению их позиций на мировых рынках.

Ключевые слова

Электротранспорт, аккумулятор, конструкция, характеристики, условия испытаний, силовая электроника, особенности управления.

1. Введение.

Широкая популярность и ускоренное развитие средств передвижения на электрической тяге подтолкнуло разработчиков многих компаний к созданию более совершенных конструкций электротранспорта. Автомобильные корпорации разных стран развивают электромобили как одно из ведущих направлений своей деятельности. Концепция построения электротранспорта является серьёзным направлением исследования, при этом рассматривается не только совершенствование источников энергии, но и оптимальное потребление электроэнергии в процессе движения и управления транспортным средством.

Исследования журнала «Car and Driver» и Агентства по Охране Окружающей среды (EPA), проведённые на двух базовых моделях Volkswagen ID.4 First Edition и Tesla Model Y, имеющих примерно одинаковый ресурс аккумуляторов (75 – 77 кВт·час), показывают значительный разброс запаса хода электромобилей [3, 4]. Обоснование результатов влиянием на температурные режимы аккумуляторов окружающих условий, испытание Tesla Model Y проводилось в день, когда температура окружающей среды составляла 75°F (24°C), а испытание Volkswagen ID.4 First Edition проводилось при 40°F (5°C), явно недостаточно, так как температура в аккумуляторных отсеках определяется множеством факторов, и в конструкции аккумуляторных блоков серьёзное внимание уделено изоляции и охлаждению. А применение аккумуляторных источников энергии на марсоходах и луноходах доказывает существование практической возможности решения проблемы влияния внешних условий.

Другими факторами, оказывающими влияние на запас хода в описанных исследованиях, являются конструктивные особенности испытуемых электромобилей:

- количество и мощность двигателей (Volkswagen ID.4 First Edition поставляется с одним двигателем, а Tesla Model Y с двумя двигателями);
- аэродинамика и масса автомобилей, что определяет необходимую затрачиваемую энергию;

- особенности управления, позволяющие рассчитать и реализовать минимальный расход энергии аккумуляторов для поддержания выбранной скорости движения.

Исследования и технические решения, применяемые в автомобилестроении, часто дают толчок развитию и других видов транспорта, и использование электротяги оказалось не исключением.

2. Электросамолёт – базовая конструкция для БПЛА или перспектива «малой авиации».

Известный физический принцип аэродинамики гласит, что воздушное сопротивление пропорционально скорости в геометрической прогрессии, и если вы удвоите скорость, то в четыре раза увеличите аэродинамическое сопротивление, считается серьёзным ограничение развития наземного транспорта. При этом в авиации «воздушное сопротивление» превращается в подъёмную силу, позволяющую осуществлять передвижение на необходимой высоте и использовать возможности планирования аппарата.

Наиболее широко разрекламированы работы компании Rolls - Royce, которая объявила о «хороших результатах» проекта по созданию самого быстрого электрического самолета. Являясь на сегодня вторым по величине производителем авиадвигателей в мире Rolls - Royce фактически уже приступает к испытаниям силовой электроники, которая сможет управлять системой вертикального взлета, планирования и посадки (VTOL) следующего поколения. «Эта система и её предполагаемые возможности смогут позиционировать Rolls - Royce как технологического лидера для рынка городской авиа - мобильности», а в союзе с Tecnam и Widerøe обеспечить производство техники и обеспечение перевозок для региональных авиалиний [1, 2].

Статистика региональных полётов Widerøe обобщает около 400 рейсов в день, используя сеть из 44 аэропортов, и констатирует, что 74 % рейсов выполняются на расстояние менее 275 км. Использование в таких условиях самолётов региональных авиалиний со стандартными лётно - техническими характеристиками, например, Tecnam P2012 Traveller (см. табл. 1), ставит перевозчика не в самые лучшие условия с точки зрения стоимости перелётов, существующей инфраструктуры аэропортов, и требований экологической безопасности [5].

Очевидно, что энергетические и массогабаритные показатели Tecnam P2012 Traveller на порядок превосходят подобные характеристики электромобилей Volkswagen ID.4 First Edition и Tesla Model Y. Это заставит разработчиков компании Rolls - Royce решить множество проблем технического и технологического обеспечения инновационного развития авиации на базе электрической тяги.

Таблица 1 - Лётно – технические характеристики Tecnam P2012 Traveller

Модификация	P2012
Размах крыла, м	14.00
Длина, м	11.80
Высота, м	4.40
Площадь крыла, м ²	25.40
Масса пустого, кг	2250
Максимальная взлётная масса, кг	3600
Тип двигателя	2 ПД Lycoming TEO - 540 - C1A

Мощность, л.с.	2 x 375
Максимальная скорость, км / ч	407
Крейсерская скорость, км / ч	352
Практическая дальность, км	1680
Макс. скороподъемность, м / мин	360
Практический потолок, м	1524
Экипаж, чел	1 - 2
Полезная нагрузка:	до 9 пассажиров

3. Тяговый электропривод для самолёта – реальность или перспектива.

Пресс - релиз Rolls - Royce не содержит подробностей о системах электросамолёта, и многие компании отнеслись к пресс - релизу даже с недоверием по вполне весомым причинам [6]:

- тяговая аккумуляторная батарея Tesla весит 540 кг, и для запаса приемлемой «авиационной» мощности требуется не менее 4 - х таких батарей;
- выходное напряжение аккумуляторной батареи Tesla колеблется от 400В при полном заряде до примерно 310В при низком уровне заряда с сохранением работоспособности;
- желаемая мощность авиационных двигателей в 10 - 20 раз превосходит электродвигатели Tesla Model Y, что создаёт серьёзные сложности с пуском электродвигателей от аккумуляторной батареи и охлаждением огромного количества контактных соединений внутри батареи.

Необходимо отметить, что работы по решению указанных проблем уже ведутся лидерами рынка электротранспорта. Так компания Tesla анонсировала разработку аккумуляторного блока со значительно улучшенной конструкцией внутренних контактов, что облегчит охлаждение и позволит увеличить допустимые пусковые токи.

Серьёзные изменения в конструкции электротранспорта могут произойти при выборе концепции двуполярного источника постоянного тока со средней точкой, что позволит использовать металлическую раму в качестве проводника с потенциалом «средней точки» и уменьшить массу проводов. Соответствующее применение в конструкции двух аккумуляторных блоков с полностью заряженным напряжением $\pm 240В$ и низким уровне заряда $\pm 180В$ сделает диапазон изменения напряжения вполне приемлемым для электродвигателей требуемых мощностей.

Для создания необходимой подъёмной и тяговой силы электросамолёта может быть рассмотрен вариант с размещением нескольких электродвигателей – один центральный и два расположенных на крыльях (рис. 1).

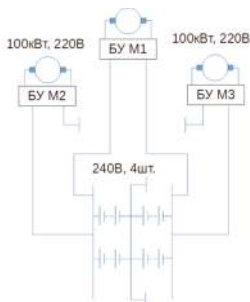


Рисунок 1 – Концепция распределения силовых установок.

При использовании 4 - х аккумуляторных батарей 4·100 кВт·час двигателя на крыльях могут иметь мощности порядка 100кВт и центральный 150кВт. Использование центрального двигателя может предусматриваться при взлёте, разгоне и форсаже, а полёт с крейсерской скоростью и посадка могут быть осуществлены на подкрыльных двигателях, что увеличит ресурс одного цикла заряда батарей. Принципиальная возможность поворотной конструкции двигателей на крыльях может рассматриваться, как перспектива «вертикального взлёта».

4. Выводы.

Заявленная Rolls - Royce в союзе с фирмами с Tecnam и Widerøe задача сделать рабочий электрический пассажирский самолет в 2026 году уже не кажется абстрактной мечтой. И очевидно, что в процессе исследований, конструирования и испытаний прототипов опытных образцов Rolls - Royce выработает практические решения и освоит технологии которые будут использоваться в серийных образцах как автомобильного, так и авиационного транспорта. А применение и тестирование систем управления на авиационной технике, где требуется заведомо повышенное быстродействие и электромагнитная совместимость оборудования, позволит Rolls - Royce продвинуться и в создании транспортных устройств, пилотируемых искусственным интеллектом.

Таким образом, заявленная задача разработки электросамолёта является не частным решением для коммерческой выгоды авиаперевозок, а системным исследованием, расширяющим традиционные производственные ниши компании Rolls - Royce.

Список использованной литературы:

1. Rolls - Royce, Tecnam и Widerøe сделают электрический пассажирский самолет https://vk.com/wall-99940863_431
 2. Rolls - Royce, Tecnam, & Widerøe To Deliver An All - Electric Passenger Aircraft In 2026 <https://cleantechnica.com/ByJenniferSensiba>
 3. Сравнение Volkswagen ID.4 и Tesla Model Y на шоссе https://vk.com/wall-99940863_424
 4. Volkswagen ID.4 & Tesla Model Y Highway Range Test — A Look Behind The Numbers <https://cleantechnica.com/BySteveHanley>
 5. P2012 Traveller. Уголок неба. <http://airwar.ru/enc/la/p2012.html>
 6. Тяговые литий - ионные батареи Tesla, что внутри? ТриумфИнжиниринг. <http://triumph.engineering/info/articles/tyagovye-litij-ionnye-batarei-tesla-chto-vnutri/>
- © Ветлицын Ю. А. 2021

Епифанцев К.В., к.т.н., доцент

Гребенников В. И., студент

Санкт - Петербургский государственный университет
аэрокосмического приборостроения
190000, г. Санкт - Петербург, ул. Большая Морская 67

ВОЗМОЖНОСТИ ПОРТАТИВНОГО ПРОФИЛОМЕТРА TR220

В настоящее время механические индикаторы частоты заменяются на электронные средства анализа шероховатости. В статье рассматривается портативный профилометр и особенности его использования.

Ключевые слова:

Анализ шероховатости, погрешность измерения, программный комплекс

Портативный измеритель шероховатости TR220 (производитель - Beijing Time High Technology Co, Ltd) (рис.1) используется для измерений шероховатости поверхности. Прибор измеряет параметры шероховатости в соответствии с выбранной методикой и отображает их на дисплее. Параметры устройства удовлетворяют техническим условиям GB/T 3505 – 2000



Рисунок - 1 Профилометр TR220

Из основных возможностей прибора выделяют:

- Прецизионный индукционный датчик;
- Четыре способа фильтрации;
- Встроенная литиевая аккумуляторная батарея обеспечивает работу прибора в течение 20 часов;
- Комплексная конструкция механической и электрической частей измерителя;
- Предоставляются различные вспомогательные приспособления: датчик для криволинейной поверхности, датчик для каналов малого диаметра, датчик для измерений шероховатости в глубоких бороздках.

При измерении шероховатости поверхности детали, на поверхности детали располагают датчик и проводят им по поверхности с постоянной скоростью неровности поверхности острым пером. Неровности вызывают смещения в датчике, в результате чего изменяется индуктивность катушки, которая генерирует аналоговый сигнал, пропорциональный размерам неровностей. После усиления и преобразования уровня этот сигнал поступает в систему сбора данных. Собранные данные подвергаются цифровой фильтрации и микросхема цифровой обработки сигналов производит расчёт параметров.

Результаты измерения можно считать на жидкокристаллическом дисплее, распечатать на принтере, передать на персональный компьютер. В приборе есть четыре метода фильтрации измерений:

- RC: традиционный фильтр, распространен в старых аналоговых приборах, но теперь фильтрация делается через цифровую технологию. Его форма профиля искажается после фильтрации, которая имеет небольшое влияние на значение параметра Ra, но оказывает некоторое влияние на другие параметры.
- PC - RC: делает исправление фазы к RC, форма профиля после фильтрации остается неизменной. Передача амплитуды подобна фильтру RC.
- Gauss: новый стандартный фильтр, который заменит традиционный фильтр RC. Его форма профиля после фильтрации остается неизменной.

➤ D - P: только для получения средней величины из минимального среднеквадратичного значения для профиля не подверженного фильтрации 0



Рисунок 2. Стандартный датчик TS100

В лабораторных условиях были сделаны 8 образцов шероховатости из органического стекла для проведения дальнейших исследований на образцах для выявления зависимости влияния вибрации на шероховатость (Рисунок 3).

Для того, чтобы придать образцам различную шероховатость, была использована наждачная бумага разной зернистости. Шлифовка образцов проводилась наждачной бумагой с маркировкой P120, P100, P60, P40.



Рисунок 3 – 8 образцов шероховатости

1. В процессе исследований были проведены измерения шероховатости образцов. На дисплее отображаются условия измерений: способ фильтрации измерений, длина оценки, диапазон измерений

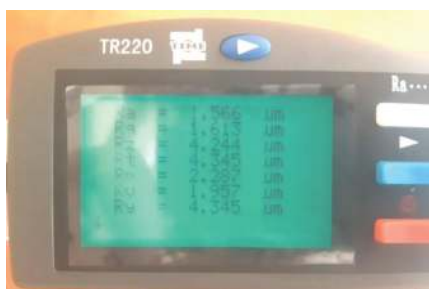


Рисунок 4 – Подключение принтера и результаты измерений на дисплее

Меню прибора включает следующие пункты: установка условий измерений, выбор функций, системные установки, информация о программе и т.д. Меню установки условий

измерения включает семь подпунктов: установка базовой длины, установка длины оценки, установка диапазона измерения, установка способа фильтрации, установка параметра шероховатости, установка параметра C ($RPc \mu m$), установка параметра C ($RPc \%$).

Меню функций состоит из пяти подпунктов: печать, профиль, положение пера, просмотр калибровочного значения, и статистика.

Меню системные установки включает в себя пять пунктов: язык, единицы измерений, подсветка дисплея, яркость дисплея, установка времени.

Исследование методических основ проведения испытаний на профилометре TR220 позволило рассмотреть все преимущества прибора. Профилометр TR220 может успешно использоваться как в различных отраслях производства, так и в научных лабораториях.

Список литературы:

1. Григорьев, А. Я. Физика и микрогеометрия технических поверхностей: монография / А.Я. Григорьев. - Минск Беларуская навука, 2016. - 248с.
2. ГОСТ Р 8.651 - 2009 ГСИ. Приборы контактные (щуповые) для измерений шероховатости поверхности. Методика калибровки. - М.:Стандартформ,2018. - 14с.
3. ГОСТ 2789 - 73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. - М.:Стандартформ,2018. - 16с.

© Епифанцев К.В., Гребенников В. И., 2021

Литовченко А.А.

студент гр. БХС19 - 01

Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева
Красноярск, Россия

Научный руководитель: Делков А.В.

доцент кафедры Холодильной, криогенной техники и кондиционирования
Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева
Красноярск, Россия

ВИДЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация

Жидкостные ракетные двигатели (ЖРД) находят свое применение в качестве исполнительных органов систем управления космических аппаратов и разгонных блоков. Одной из актуальных задач остается обеспечение надежной тепловой защиты ЖРД, работающих в условиях высоких температур продуктов сгорания. В данной работе приводится аналитический обзор применяемых в настоящее время способов отвода тепла (охлаждения) ЖРД, оцениваются преимущества и перспективы данных способов.

Ключевые слова

Охлаждение, ракетный двигатель, топливо, окислитель, газовый поток.

Современные ракетные двигатели работают на огромных мощностях и нагреваются до высоких температур. Хотя доля теплоотдачи конструкции в процессе сгорания незначительна, проблема охлаждения ракетных двигателей актуальна ввиду высокой температуры горения (>3000 К) и угрозы термического разрушения двигателя [1,2]. Чтобы избежать перегрева и дальнейших проблем требуется разрабатывать системы охлаждения, позволяющие избежать этого. От эффективности охлаждения двигателя зависит его срок службы и надежность и безотказность эксплуатации.

На данный момент человечество разработало несколько способов охлаждения двигателей: регенеративное, пристенное, абляционное, завесное, транспирационное. Сейчас поговорим о них более детально.

Первый вариант – это регенеративное охлаждение с помощью теплоносителя. В роли теплоносителя при этом используется горючее топливо [3], которое прокачивается через внутренний полость в стенках камеры, охлаждая при этом всю конструкцию. Далее нагретое топливо подается в камеру сгорания на сжигание.

Регенеративное охлаждение в настоящее время является одним из наиболее часто используемых вариантов ввиду его высокой технологичности. При этом возможны различные схемные решения. Так например, топливо, омывающее наружные поверхности камеры сгорания, значительно снижает их температуру, поэтому при таком охлаждении двигатель может надежно работать в течение десятков минут.

Второй вариант охлаждения – пристенный слой. Данный слой создается из паров горючего у стенок камеры. Достигается этот эффект путем установки по периферии головки форсунок подающих только горючее. Таким образом, горючая смесь испытывает недостаток окислителя, и горение у стенки происходит не так интенсивно, как в центре камеры. Температура пристенного слоя изолирует высокие температуры в центре камеры от стенок камеры сгорания. Недостатком данного метода является сложность конструктивного исполнения.

Третий вариант – абляционный метод охлаждения жидкостного ракетного двигателя, который осуществляется нанесением на стенки камеры и сопел специального теплозащитного покрытия. Покрытие при высоких температурах переходит из твердого состояния в газообразное, поглощая большую долю тепла. Данный метод охлаждения жидкостного ракетного двигателя использовался в лунной программе «Аполлон». Преимущество данного метода заключается в легкости его реализации, однако при этом имеется два существенных недостатка: метод носит разовый характер, при полном испарении теплозащитного покрытия охлаждающее действие заканчивается; кроме того, само охлаждающее покрытие обладает значительной массой.

Четвертый вариант – завесное охлаждение [1]. Завесное охлаждение – это способ охлаждения камер жидкостных ракетных двигателей, при котором у внутренних стенок, омываемых потоком горячих газов, создается относительно холодный защитный слой (завеса, плёнка) жидкости или газа, движущийся в том же направлении, что и основной поток. Эффект охлаждения обусловлен как поглощением теплоты при испарении завесы, так и тем, что пары охладителя, поступая в пограничный слой, увеличивают его толщину и уменьшают тем самым теплопередачу в стенку. Завеса создается при помощи периферийных форсунок камеры, которые рассчитываются так, чтобы образовать у стенки топливную смесь, обогащенную горючим или окислителем, и подачей на стенку части горючего из тракта регенеративного охлаждения. Завесное охлаждение обладает

наибольшей эффективностью, т.к. позволяет отвести от стенок значительное количество тепла. На практике завесное охлаждение сочетается с другими видами охлаждения.

Пятый вариант – транспирационное охлаждение, при котором внутренняя стенка камеры или её часть (если транспирационное охлаждение применяется на определенном участке) изготавливается из мелкопористого материала с диаметром пор в несколько десятков микрон. Защитное действие транспирационного охлаждения аналогично завесному. Если используется жидкий охладитель, то он по порам подается с небольшой скоростью на огневую поверхность стенки, создается защитная завеса, плотность теплового потока в стенку снижается. При некотором критическом значении расхода жидкого охладителя температура стенки становится равной температуре кипения жидкости при данном давлении. На режиме критического расхода внутренняя стенка защищается сплошной завесой жидкости. При снижении расхода жидкость частично испаряется, а завеса становится в основном газовой.

Таким образом, в современной ракетной технике используются такие способы охлаждения как регенеративное, пристенное, абляционное, завесное, транспирационное охлаждение. Наиболее часто используется регенеративное охлаждение ввиду его высокой технологичности. Наибольшей эффективностью охлаждения обладает завесное охлаждение. На практике часто используются комбинации двух и более способов. Вопрос о применении того или иного способа охлаждения решается на стадии эскизного проектирования двигателя.

Список использованной литературы:

1. Воробьев А. Г., Боровик И. Н., Хохлов А. Н., Богачева Д. Ю. Разработка экспериментально - расчетной системы исследования эффективности завесного охлаждения жидкостного ракетного двигателя малой тяги // Электронный журнал «Труды МАИ». Выпуск № 52. Режим доступа: https://mai.ru/upload/iblock/611/razrabotka-eksperimentalno_raschetnoy-sistemy-issledovaniya-effektivnosti-zavesnogo-okhlazhdeniya-zhidkostnogo-raketnogo-dvigatelya-maloy-tyagi.pdf

2. Жидкостный ракетный двигатель. Режим доступа: <https://avia.pro/blog/zhidkostnyy-raketnyy-dvigatel>

3. Охлаждение с помощью омывания двигателя топливом. Режим доступа: <http://seregacosmos.narod.ru/omivanie.htm>

© Литовченко А.А., Делков А.В., 2021

Любимов В.А., Лазарев С.Н., Максаков С.А.,
ФГКВБОУ ВО Академия ФСО России,
г. Орел, Российская федерация

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Аннотация. В статье рассмотрены с системных позиций подходы к формированию обобщенной модели технического обслуживания сложных технических комплексов (СТК) с учетом требований реализации детерминированных и стохастических процессов, реализуемых в ней, а также выделенных показателей, характеризующих систему обслуживания. Показаны элементы структуры системы технического обслуживания

СТК, их формализованное представление, сформулированы прямые и обратные задачи модели СТО.

Ключевые слова: *техническое обслуживание, сложный технический комплекс, модель, задачи технического обслуживания, показатели технического обслуживания.*

Сложные технические комплексы (СТК) являются важной технической компонентой любого организационно - технического процесса, в том числе инновационного. Поддержание СТК в работоспособном состоянии является одной из важнейших задач технического обеспечения, которую решает подсистема технического обслуживания (ТО) [1].

С учетом специфики и времени эксплуатации рассматриваются два вида технического обслуживания: проведение планового и непланового ТО СТК [1, 2]. Исходя из названия плановое техническое обслуживание (ПТО) проводится в соответствии с установленными в эксплуатационной документации сроками, с различными объемами работ (V_p), периодичностью ($T_{то}$) и длительностью проведения ($\tau_{то}$). То есть, систему ПТО можно представить в виде кортежа $S_{пто} = \{V_p, T_{то}, \tau_{то}\}$. С точки зрения планирования данные показатели носят, как правило, детерминированный характер, их легко рассчитывать и учитывать в практике эксплуатации СТК.

Неплановое техническое обслуживание (НТО), напротив, носит стохастический характер относительно затрат времени на его проведение, объемы проводимых работ и моменты наступления этих работ, то есть система НТО может быть представлена в виде: $S_{нто} = \{V_p^*, T_{то}^*, \tau_{то}^*\}$, где (*) обозначены показатели, имеющие случайные значения. Данный вид технического обслуживания вносит неопределенность в показатели технической эксплуатации, не позволяет спланировать на длительное время мероприятия (операции) технического обслуживания, рассчитать на планируемый период затраты на эксплуатацию.

Такое представление о системе технического обслуживания СТК предполагает решение задач в двух условиях: определенности и неопределенности. Для этого в структуре данной системы должны быть определены элементы, функции, задачи, которые позволят данной системе функционировать эффективно.

Исходя из определения системы технического обслуживания важно выделить основные элементы, которые можно учесть в модели, а также связи, отношения, степень согласованности между ними и представить их в структурированном и формализованном виде применительно к СТК.

Как показывает анализ свойств, функций, задач системы технического обслуживания, их распределение и согласование между элементами, обобщенная модель системы ТО (СТО) может в себя включать:

- множество физических объектов технического обслуживания $\{O_{то}\}$, параметров $\{P_o\}$, которые характеризуют состояния объектов $\{Q_o\}$, технологии (операции) технического обслуживания $\{W_{то}\}$, методики проведения операций технического обслуживания $\{M_{то}\}$;

- службы (подразделения) эксплуатации $\{G_s\}$ (должностные лица), задачи (группы задач) $\{Z_{то}\}$, виды $\{B_{то}\}$, методы технического обслуживания $\{H_{то}\}$, на каких СТК, применительно к каким задачам (видам) необходимо проводить техническое обслуживание;

- номенклатура $\{N_{\text{то}}\}$ и количество $\{K_{\text{то}}\}$ средств технического обслуживания (диагностирования, контроля и др.) которые должны выполнять множество различных функций для реализации всего объема работ $\{V_{\text{р}}\}$ (операций) технического обслуживания, предусмотренных эксплуатационной документацией $\{D_{\text{то}}\}$ на СТК.

Исходя из рассмотренного обобщенная модель СТО может быть представлена в виде формальных множеств:

$$S_{\text{то}} = \{S_{\text{пто}}, S_{\text{што}}, O_{\text{то}}, P_{\text{то}}, Q_{\text{то}}, W_{\text{то}}, M_{\text{то}}, G_{\text{то}}, Z_{\text{то}}, B_{\text{то}}, H_{\text{то}}, N_{\text{то}}, K_{\text{то}}, V_{\text{р}}, D_{\text{то}}\}.$$

С учетом рассмотренных элементов, решаемых задач и наличия информации (конкретных данных) по элементам модели, логическим и функциональным связям, можно идентифицировать все отношения по цепочке:

службы (подразделения) – задачи – объекты (СТК) – параметры – методики – тесты – средства контроля (диагностирования).

Выделенные элементы модели и логические взаимосвязи между ними формируют структуру, что позволяют получить наиболее полную характеристику свойств системы ТО и ответить на системные вопросы: распределение (выполнение) задач и операций ТО на СТК (элементах); выполнение задач ТО, на основании каких методик, для каких объектов, с использованием каких операций ТО; какие операции должны быть проведены, с применением каких средств, каких тестов, эксплуатационной документации.

Именно такая взаимосвязь элементов и такие задачи возникают наиболее часто в ходе планирования и организации ТО. Причем эти задачи приходится решать, как на организационном, так и на технологическом уровнях.

Кроме прямой задачи возникает проблема решения и обратной: обоснование количества и номенклатуры средств измерений, контроля, диагностирования необходимых для поддержания заданного уровня технического состояния объектов по результатам ТО, проводимых подразделениями, службами, на основе заданного объема работ, методик и поставленных задач ТО.

Использование обобщенной модели позволяет сформулировать и решить множество частных задач системы ТО, например:

рациональное распределение функций (задач) ТО между подразделениями – полноту распределения задач, как, сколько, какие задачи и в каком объеме выполняют службы (подразделения, ДЛ);

выявление дублирования задач, использования ресурсов системы ТО в процессе эксплуатации;

распределение ресурсов, уровней доступа в зависимости от задач, которые решаются в ходе ТО;

делегирования права на выполнение особых процедур ТО, обоснование уровней квалификации специалистов, а также необходимых средств ТО;

формализация объемов работ по ТО – (для каждого из СТК возможно формализовать и выбрать тот необходимый набор операций, которые следует применить для решения конкретных задач, с учетом эксплуатации);

обоснование необходимых средств ТО по формализованным наборам операций ТО, контроля, диагностирования;

эффективное применение средств ТО, исходя из их функциональных возможностей (можно определить для каких задач их можно использовать наиболее эффективно, и в какие подразделения данные средства нужно распределить).

Такое представление инновационного процесса позволяет определить важность технического обеспечения, как составной части всех мероприятий, проводимых для повышения эффективности системы СИП качественно их организовывать и оценивать эксплуатационно - экономическую эффективность СТК.

Список использованной литературы

1. ГОСТ 18322 - 2016 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. М: Стандартинформ, 2017. – 14 с.
2. ГОСТ 27.002 - 2015 Надежность в технике. Термины и определения. М: Стандартинформ, 2016. – 63 с.

(©) Любимов В.А.2021

Любимов В.А.,
ФГКВООУ ВО «Академия ФСО России»,
г. Орел, Российская федерация

СИСТЕМНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ИННОВАЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ

***Аннотация.** В статье рассматриваются системные подходы представления технического обеспечения в инновационном процессе. Показаны основные элементы структуры системы инновационного процесса с позиции технического обеспечения сложных технических комплексов (СТК), применяемых в рассматриваемой системе. Представлены показатели оценки системы технического обеспечения.*

***Ключевые слова:** инновационный процесс, сложный технический комплекс, техническое обеспечение, техническая готовность, показатели ремонта, технического обслуживания.*

Инновационное развитие, на современном этапе, невозможно рассматривать без использования и внедрения в этот процесс технических средств (комплексов), как правило программно - аппаратных, позволяющих достичь максимального (требуемого) эффекта в соответствии с поставленной целью. Очевидно, что если в инновационном процессе используются СТК, то требуется проведение всего комплекса мероприятий технического обеспечения на их жизненном цикле: от закупки и введения в эксплуатацию до списания и утилизации (уничтожения, реализации).

С точки зрения системного подхода система инновационного процесса (СИП) с участием применяемых СТК может быть рассмотрена как организационно - техническая система (ОТС), структура которой представлена на рисунке.

Как видно из рисунка данная структура включает в себя следующие подсистемы (элементы): управляющую; операционную; обслуживающую; обеспечивающую; потребляющую. Характеристика подсистем (элементов) СИП:

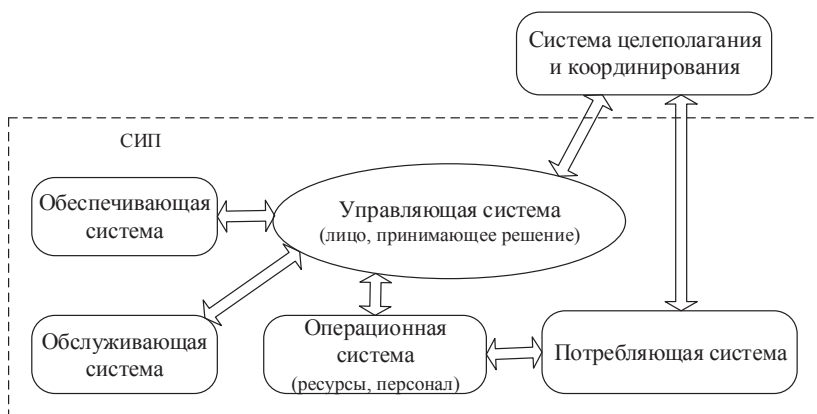


Рис. Техническое обеспечения в обобщенной структуре СИП

управляющая – это должностные лица (ДЛ), органы (подразделения) управления, формирующие управляющие воздействия на эффективное использование сил и средств (операционной подсистемы) для решения стоящих задач и

достижения целей, сформированных вышестоящей системой целеполагания;

операционная – это силы и средства (в том числе СТК), обеспечивающие данным ресурсом потребляющую подсистему;

обслуживающая и обеспечивающая подсистемы - это подсистемы всестороннего обеспечения в которую входит и техническое обеспечение;

потребляющая подсистема - это продукт деятельности, функционирования СИП, представленный в виде продукции, услуг, материалов и др., полученных на основе использования активных средств операционной системы.

Отдельно выделена вышестоящая система целеполагания. Данная система определяет и формулирует цель СИП, задачи целеполагания и координирования. Она оказывает непосредственное влияние на потребляющую систему с точки зрения формирования цели. В аспекте рассматриваемых вопросов наибольший интерес представляют обеспечивающая и обслуживающая подсистемы, так как ТО является элементом обслуживающей и обеспечивающей подсистем СИП.

Несмотря на многообразие мероприятий ТО можно выделить два основных мероприятия, с точки зрения материальных и временных затрат: восстановление и техническое обслуживание [1]. Организация этих мероприятий направлена на решение двух задач, решаемых на этапе эксплуатации СТК: поддержание работоспособности (техническое обслуживание) и восстановление работоспособности (восстановление, ремонт) [1]. Для оценки данных мероприятий можно выделить показатель, характеризующий их организацию – готовность СТК.

Основным показателем, характеризующим готовность СТК является коэффициент технической готовности ($K_{тг}$). Он определяет вероятность того, что в произвольный момент времени технический объект не будет находиться на плановом техническом обслуживании, ремонте и начало его применения по назначению не будет задержано сверх допустимого времени или отменено из - за отказа [3]. Исходя из определения, выражения для расчета будет иметь вид (1).

$$K_{тг} = K_{пл} \times K_{тп} \quad (1)$$

где $K_{пл}$ - коэффициент планируемого применения;

$K_{гп}$ - коэффициент готовности к применению.

В свою очередь коэффициент планируемого применения имеет общую зависимость $K_{пн} = f(T_э, \tau, K_{п}, T_{пн})$, а коэффициент готовности к применению - $K_{гп} = f(K_{г}, P_{в})$.

Для расчета данных коэффициентов, требуются дополнительные исходные данные, которые могут быть получены на основе статистических значений показателей по итогам эксплуатации СТК ($T_э$) за определенный период (как правило за предыдущий год). К таким показателям можно отнести: время нахождения на плановом техническом обслуживании ($T_{то}$), наработка использования СТК по назначению ($T_{пн}$), среднее время восстановления ($T_{в}$), время подготовки к применению ($t_{пн}$), затраты на техническое обслуживание ($C_{п.то}$), затраты на ремонт (восстановление) C_p , допустимое время задержки к применению по назначению ($\Delta t_{пн}$), средняя наработка на отказ ($T_о$), удельная суммарная продолжительность планового ТО ($K_{п.то}$); удельная суммарная продолжительность восстановления ($K_{п.в}$) и др.[3].

Применительно к мероприятиям восстановления следует рассматривать два аспекта: организационный и технологический [1,2]. Как организационные, так и технологические мероприятия направлены на повышение технической готовности эксплуатируемых СТК, а значит и достижения требуемого результата, реализуемого СИП.

Такое представление инновационного процесса позволяет определить важность технического обеспечения, как составной части всех мероприятий, проводимых для повышения эффективности системы СИП качественно их организовывать и оценивать эксплуатационно - экономическую эффективность СТК.

Список использованной литературы

1. ГОСТ 18322 - 2016 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. М: Стандартинформ, 2017. – 14 с.
2. ГОСТ 27.002 - 2015 Надежность в технике. Термины и определения. М: Стандартинформ, 2016. – 63 с.
3. ГОСТ Р 56111 - 2014 Интегрированная логистическая поддержка экспортируемой продукции военного назначения. Номенклатура показателей эксплуатационно - технических характеристик. М: Стандартинформ, 2014. – 24 с.

(©) Любимов В.А.2021

Немыкина Т.И. - учитель математики,
Матохина А.П. –учитель физической культуры,
МБОУ г. Астрахани «СОШ № 66»,
г. Астрахань, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ ИНОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ

Актуальность

Среди разнообразных направлений новых педагогических технологий необходимо отметить технологии, способствующие более эффективному обучению за счет повышения интереса к нему у обучающихся.

Ключевые слова

Технологии, инновации, качество образования.

Целью и смыслом современного образования становится развитие ребёнка как субъекта познавательной деятельности. Решение этой задачи требует перехода к новой образовательной парадигме – системно - деятельностной, что связано с принципиальными изменениями деятельности учителя, реализующего новый стандарт. Чтобы решать задачи, поставленные ФГОС, учителю необходимо понимать, какие именно качества следует развивать, воспитывая ученика как субъект познания. Важнейшим из этих качеств является готовность организовать свою познавательную деятельность. Главным качеством субъектов познавательной деятельности является активность и самостоятельность в усвоении и применении знаний. Казалось бы, в этом положении нет ничего нового. Но как на практике часто выглядит самостоятельная работа ученика? Учитель разъясняет задание, показывает образец его выполнения. При этом самостоятельность ученика проявляется лишь в том, что он сам списывает текст, решает типовую задачу или применяет правило по образцу. Истинная самостоятельность в другом, в готовности планировать свою работу, находить и применять рациональные для себя способы её выполнения [3].

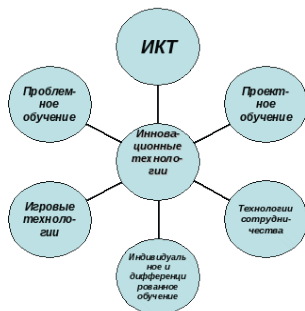
Например, осваивая новый материал, ученик может просто прочитать и выучить текст учебника, т.е. использовать наименее эффективный приём, рассчитанный на запоминание; может составить план ответа, т.е. выявить логику изложения материала; может представить материал в форме таблицы или схемы, т.е. направить усилия на перевод информации из одной знаковой системы в другую с целью выявления внутренних связей, установления системы понятий. Важным качеством субъекта познавательной деятельности является готовность контролировать себя на всех этапах работы, оценивать правильность выполнения задания и вносить коррективы.

Современный учитель должен владеть лично – ориентированными, развивающими образовательными технологиями, учитывающими различный уровень готовности к обучению в школе, неодинаковый социальный опыт, отличия в психологическом развитии детей.

Обновление школы возможно только через научно обоснованное совершенствование педагогической технологии, предполагающей научное проектирование и точное воспроизведение в образовательной деятельности, гарантирующих успех педагогических процессов [2].

В этих условиях учителю необходимо ориентироваться в широком спектре современных инновационных технологий, идей, направлений, использовать весь арсенал российского педагогического опыта.

Среди разнообразных направлений новых педагогических технологий необходимо отметить технологии, способствующие более эффективному обучению за счет повышения интереса к нему у обучающихся.



Технология сотрудничества.

Такая организация коллектива способствует развитию у учащихся самостоятельности и способности к самоорганизации; готовности к сотрудничеству, развитию способности к созидательной деятельности; толерантности, терпимости к чужому мнению, умению вести диалог, искать и находить содержательные компромиссы; создает условия для групповой проектной деятельности.

Игровые технологии.

Игровые технологии представляют собой действенные технологии, которые находят применение как в обучении, так и во многих других сферах деятельности.

Информационные технологии.

Уроки с использованием информационных технологий имеют ряд преимуществ перед традиционными уроками. Они становятся более интересным для учащихся, способствуют более эффективному усвоению знаний, улучшают уровень наглядности на уроке. Предоставляют возможность продемонстрировать явления, которые в реальности увидеть невозможно. Информационные технологии предоставляют широкие возможности для индивидуализации и дифференциации обучения.

Проектные технологии.

Средства ИКТ являются наиболее перспективными для реализации проектной методики обучения.

Для выполнения любого проекта необходимо: тема, цель, задачи, планирование действий по разрешению проблемы, поиск информации, продукт, презентация.

В современном обществе стремительно происходит информатизация образования, создающая огромные потенциальные возможности в развитии личностных качеств учащихся, включая их познавательный интерес к знаниям.

Комплексное решение образовательных, воспитательных и развивающих задач, возможно лишь при условии воздействия не только на сознание учащихся, но и на эмоциональную сферу. И одним из наиболее эффективных способов воздействия на чувства и эмоции ребёнка является использование информационно - коммуникационных технологий [4].

Сегодня в школьном образовании происходят значительные перемены, которые охватывают практически все стороны педагогического процесса. Одной из главных задач образовательного процесса современной школы является повышение педагогического мастерства учителя путём освоения современных образовательных технологий обучения и воспитания. Применяя новые педагогические технологии на уроках, мы убеждаемся, что процесс обучения можно рассматривать с новой точки зрения и осваивать психологические механизмы формирования личности, добиваясь более качественных результатов [1].

Современные образовательные технологии, применяемые на уроках и во внеурочной деятельности, дают возможность ребёнку работать творчески, способствуют развитию любознательности, повышают активность, приносят радость, формируют у ребёнка желание учиться.

Использование инновационных технологий в процессе обучения способствует значительному повышению качества образования, что ведет к решению главной задачи образовательной политики.

Список литературы

1. Кузнецов А.В. “О школьных стандартах второго поколения” Муниципальное образование: инновации и эксперимент. 2008. №2.
2. Кукушкин В.С. “Педагогические технологии”. 2006 г. М.: “Феникс”
3. Мисаренко Г.Г. “На пути к стандартам нового поколения” // Народное образование. 2009 г. №1.
4. Полат Е.С. “Новые педагогические и информационные технологии в системе образования” 2007. М.: Академия, 2007.
5. Федеральный государственный образовательный стандарт начального Общего образования / Министерство образования и науки РФ. М.: Просвещение, 2010.

© Немыкина Т.И., Матохина А.П., 2021

Омарханова А. С.
магистр экономики
г.Нур - Султан, Казахстан

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ ОТРАСЛЕЙ ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Аннотация

В публикации автором затрагивается тема технологического развития и цифровизация отраслей обрабатывающей промышленности, в частности и в Республике Казахстан. Выявлены основные тенденции в сфере инноваций в глобальном масштабе. Приведены результаты анализа инновационной деятельности обрабатывающей промышленности в Республике Казахстан.

Ключевые слова

Технологическое развитие, цифровизация, обрабатывающая промышленность

В 2020 году пандемия коронавирусной болезни (COVID - 19) способствовала беспрецедентной остановке мировой экономики. В условиях борьбы с пандемией Covid - 19 инновации вышли на передний план - от усилий правительства по сдерживанию пандемии до цифровизации инфраструктуры и гонки за разработкой вакцин. Однако кризис COVID - 19 вполне может стать катализатором инноваций во многих традиционных секторах, таких как туризм, образование и розничная торговля. Вместе с тем, экспертами в области инноваций отмечается важность цифровизации промышленности, которая позволит экономике справиться с кризисом и приспособиться к возможному повторению сценария пандемии, а именно полной остановке производства в виду повсеместного введения локдаунов.

Рассмотрев ряд докладов на тему инноваций (Глобальный инновационный индекс (ГИИ) 2020, Рейтинг Bloomberg по инновационным экономикам в 2020 году) можно выделить несколько секторов, в которые в 2020 году был произведен наибольший вклад инвестиций

путем венчурного финансирования – медицина, фармацевтика, online образование, большие данные (big data), e - коммерция (e - commerce) и робототехника.

В целом, согласно ежегодному докладу ГИИ 2020 можно сформулировать следующие **главные выводы по итогам 2020 года в сфере инноваций в глобальном масштабе:**

1: Кризис, вызванный COVID - 19, отразится на инновационной деятельности — от лидеров требуются конкретные действия по мере перехода от изоляции к восстановлению экономики.

2: Финансирование инноваций в условиях нынешнего кризиса сокращается, однако надежда сохраняется.

3: Ландшафт глобальных инноваций меняется: Китай, Вьетнам, Индия и Филиппины последовательно улучшают свои показатели.

4: Развивающиеся страны демонстрируют превосходные показатели инновационной деятельности.

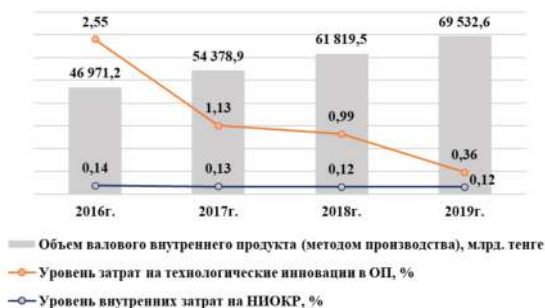
5: Региональные расхождения сохраняются, однако отдельные страны и территории имеют большой инновационный потенциал.

6: Инновации сосредоточены в научно - технических кластерах отдельных стран и территорий с высоким уровнем дохода и преимущественно в Китае.

По данным официальной статистики с 2016 года показатели инновационной деятельности Республике Казахстан показывают отрицательную динамику.

Уровень затрат на технологические инновации в обрабатывающей промышленности имеет понижательный тренд с 2016 года, на который приходится максимальное значение 2,55 %, и составил 0,36 % ВВП в 2019 году. Уровень внутренних затрат на НИОКР также показывает отрицательную динамику, снижаясь с 0,14 % ВВП в 2016 году до 0,12 % в 2019 году, что значительно ниже чем, в странах, лидирующих странах по развитию инноваций: в 2019 году в Австрии 3,2 %, в Германии 3,0 %, в Финляндии 2,8 % и в Китае 2,1 % .

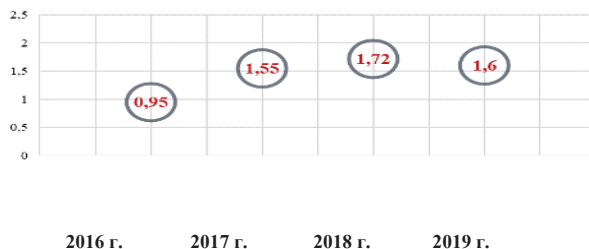
Рисунок 1. Уровень затрат на технологические инновации в обрабатывающей промышленности в 2016 - 2019 гг.



Объем произведенной инновационной продукции в обрабатывающей промышленности увеличился в 2,5 раза и достиг 818,8 млрд тенге в 2019 году по отношению к 2016 году. Экспорт инновационной продукции увеличился более чем в 1,9 раза с 49,8 млрд тенге в 2016 году до 94,8 млрд. тенге в 2019 году. Несмотря на рост показателя, доля

инновационной продукции в валовом внутреннем продукте в 2019 году остается на крайне низком уровне – 1,6% . (рис. 2).

Рисунок 2. Динамика доли инновационной продукции к ВВП в 2016 - 2019 гг., %



Согласно данным мирового рейтинга ГИИ 2020 года отмечается общая мировая тенденция сокращения государственных расходов на цели НИОКР, особенно в некоторых странах с высоким уровнем дохода, где расходы на НИОКР растут крайне медленно или не растут вообще.

Основные причины сокращения расходов на инновации на корпоративном уровне – это сокращение доходов и денежного потока, общее сокращение затрат, предотвращение рисков инвесторами, банками, а также дороговизна кредитов.

Вместе с тем, можно выделить следующие сектора с наибольшими расходами на НИОКР в общемировом объеме расходов на НИОКР в 2018–2019 гг.:

1. Аппаратные средства ИКТ и электронное оборудование (23,5 % от общемирового объема);
2. Фармацевтика и биотехнологии (18,8 %);
3. Автомобилестроение (15,6 %);
4. Программное обеспечение и услуги ИКТ (14,4 %);
5. Промышленное проектирование и транспорт (3,8 %).

В 2020 году согласно рейтингу ГИИ 2020 года Казахстан занял 77 место среди 131 стран, представленных в рейтинге. Десятка лидеров по инновациям представлена странами с высокими уровнями дохода (рис. 3).

Рисунок 3. Десятка стран - лидеров согласно рейтингу ГИИ 2020 года

Страна	Рейтинг	Балл (0 - 100)
Швейцария	1	66.08
Швеция	2	62.47
США	3	60.56
Соединенное Королевство	4	59.78
Нидерланды	5	58.76
Дания	6	57.53
Финляндия	7	57.02
Сингапур	8	56.61
Германия	9	56.55
Южная Корея	10	56.11

В целом по итогам 2020 года отмечается низкая результативность в области развития инноваций в РК. Основными сдерживающими факторами цифровизации промышленности остаются недостаточность финансовых средств, недостаток соответствующих квалифицированных кадров, отсутствие понимания выгод цифровизации топ - менеджмента и сопротивление сотрудников предприятий структурным изменениям с сохранением статус - кво.

Список использованной литературы:

1. Глобальный инновационный индекс 2020 https://www.globalinnovationindex.org/userfiles/file/reportpdf/GII_2020_KeyFindings_RU_web.pdf
2. https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-02-03/south-korea-leads-world-in-innovation-u-s-drops-out-of-top-10?cmpid=socialflow-facebook-business&utm_medium=social&utm_source=facebook&utm_campaign=socialflow-organic&utm_content=business&fbclid=IwAR3YmlDN1PdbyYw7UaQ-dNHV_2AdAbcb7ygz0BBph5YRHv5Yz45whfTXxs0
3. Источник данных: БНС АСПИР РК
4. Данные ГИИ 2020 года

Омарханова А. С., 2021 г.

Плотников Н.А.

студент 2 курса магистратуры ВоГУ,
г. Вологда, РФ

Научный руководитель: И.С. Казакова

канд. тех. наук, доцент ВоГУ,
г. Вологда, РФ

ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА РАСЧЕТНОЙ ДЛИНЫ СТАЛЬНЫХ КОЛОНН В КАРКАСНЫХ ЗДАНИЯХ

Аннотация

Нормы не могут охватить все разнообразие встречающихся конструктивных схем зданий, что в одних случаях приводит к излишнему расходу металла, что, в условиях современного роста цен на металлопрокат, приведет к удорожанию всей конструкции здания, а в других случаях приводит к снижению коэффициента запаса устойчивости.

Цель исследования – изучить понятие расчетной длины сжатого элемента, изучить методы определения расчетной длины колонн с использованием сводов правил и численными методами, используя уравнения устойчивости и дифференциальное уравнение изогнутой оси стержня. В данной статье дано понятие расчетной длины элемента из расчета системы на устойчивость в Эйлеровом смысле, предлагается определение расчетных длин средних стоек в зависимости от усилий в стойках и их жесткостей. Выполняется уточнение несущей способности центрально сжатых колонн в составе единой конструкции – рамы.

Ключевые слова

Свободная длина элемента, геометрическая длина элемента, устойчивость, коэффициент расчетной длины колонны, критическая сила, предельная сила.

Свободная длина элемента определяется из расчета системы на устойчивость в Эйлеровом смысле. Предполагается неограниченная применимость закона Гука и пропорциональное возрастание продольных усилий в элементах системы вплоть до момента потери устойчивости.

Дифференциальное уравнение изогнутой оси стержня имеет вид:

$$y'' = -\frac{N \cdot y}{EI}, \quad (1)$$

где N – продольное усилие в стержне;

EI – жесткость стержня.

Введем условное обозначение: $N/EI = \alpha^2$;

Тогда уравнение примет вид:

$$y'' + \alpha^2 \cdot y = 0 \quad (2)$$

Решая данное уравнение получим уравнение для определения критической силы, возникающей в элементе:

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l_{ef}^2}, \quad (3)$$

где l_{ef} – расчетная длина стержня, определяемая выражением:

$$l_{ef} = \mu \cdot l,$$

где μ – коэффициент расчетной длины стержня;

l – геометрическая длина стержня.

Также для определения критической силы мы можем воспользоваться дифференциальным уравнением устойчивости [1, с. 13]:

$$y^{IV} = -\frac{N \cdot y''}{E \cdot I} \quad (4)$$

При решении данного уравнения получаем выражение для определения критической силы:

$$P_{кр} = \frac{\psi^2 \cdot E \cdot I}{l^2}, \quad (5)$$

где

$$\psi = \alpha \cdot l = l \cdot \sqrt{\frac{N_{кр}}{E \cdot I}} \quad (6)$$

Из равенства выражений (3) и (5) получим:

$$\mu = \frac{\pi}{\psi} \quad (7)$$

Пример №1. Рассматривается трехпролетное здание с металлическим каркасом. Шаг колонн в поперечном направлении 24 м, в продольном 6 м, длина здания 96 м, высота колонн 8,6 м (рис. 1). Ригель выполнен фермой трапецидальной формы с углом наклона верхнего пояса 1 / 8. Примыкание фермы – боковое с шарнирным креплением поясов к колонне. Покрытие – профилированный лист по прогонам с теплоизоляцией ROCKWOOL

РУФ БАПС $t=110$ мм. Стеновое ограждение выполнено сэндвич - панелями «ИЗОЛ - С» с толщиной утеплителя $t=100$ мм. Снеговой район рассматриваемого здания IV, ветрового I.

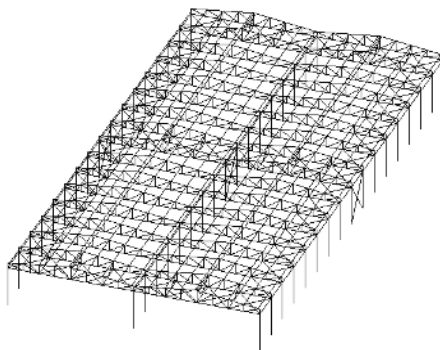


Рисунок 1 – Геометрическая схема здания

Расчетная схема – плоская трехпролетная рама с жестким креплением колонны к фундаменту и шарнирно примыкающими ригелями. Сечения колонн для предварительных расчетов примем одинаковыми.

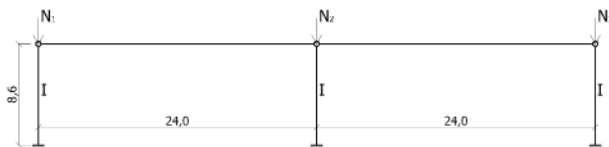


Рисунок 2 – Геометрическая схема плоской рамы

Учитывая совместность деформаций верхних узлов колонн, представим раму на рисунке 2 в виде эквивалентного стержня жесткостью $3EI$ и нагрузкой $\sum N_i = N_1 + N_2 + N_3$. Расчетная длина эквивалентного стержня (рис. 3) принимается по таблице 30 СП 16.13330.2017 и равна $\mu = 2$.

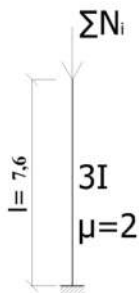


Рисунок 3 – расчетная схема эквивалентного стержня

Критическую силу для эквивалентного стержня можно записать в виде:

$$P_{кр} = \sum N_i = \frac{\pi^2 \cdot 3EI}{\mu^2 \cdot l^2} \quad (8)$$

Для определения критической силы для каждой из стоек рамы воспользуемся уравнениями (5), (7):

$$P_{кр} = N_c = \frac{\pi^2 \cdot \mu_{ef}^2 \cdot E \cdot I}{l^2}, \quad (9)$$

где N_c – усилие в рассматриваемой колонне;

μ_{ef} – коэффициент расчетной длины рассматриваемой колонны.

Из уравнения (9) получим:

$$l^2 = \frac{\pi^2 \cdot \mu_{ef}^2 \cdot E \cdot I}{N_c}$$

Подставляя данное выражение в формулу (8) получим выражение для определения коэффициента расчетной длины рассматриваемой колонны:

$$\mu_{ef} = \mu \cdot \sqrt{\frac{\sum N_i}{3 \cdot N_c}}$$

Максимальные усилия в колоннах рамы определяем в программе SCAD. При расчете пространственной конструкции получаем усилия $N_2 = 644,73$ кН; $N_{1,3} = 283,22$ кН.

Тогда коэффициент расчетной длины крайней и средней колонн, исходя из формулы Эйлера и дифференциального уравнения устойчивости:

$$\mu_{ef2} = 2 \cdot \sqrt{\frac{283,22 + 644,73 + 283,22}{3 \cdot 644,73}} = 1,583;$$

$$\mu_{ef1,3} = 2 \cdot \sqrt{\frac{283,22 + 644,73 + 283,22}{3 \cdot 283,22}} = 2,388$$

При расчете рамы по СП 16.13330.2017 воспользуемся формулой (146):

$$\mu_{ef} = \mu \cdot \sqrt{\frac{I_c \cdot \sum N_i}{N_c \cdot \sum I_i}}, \quad (10)$$

где μ – коэффициент расчетной длины проверяемой колонны, вычисленный по формулам (141) и (142) [2, с. 51];

I_c, N_c – момент инерции сечения и усилие в наиболее нагруженной колонне рассматриваемой рамы, соответственно;

$\sum I_i, \sum N_i$ – сумма моментов инерции и усилий всех колонн рассматриваемой рамы и четырех соседних рам (по две с каждой стороны), соответственно; все усилия следует определять при том же сочетании нагрузок, которое вызывает усилие N_c в проверяемой колонне.

Усилия в рамах определены в программе SCAD и сумма усилий $\sum N_i = 6055,89$ кН. Подбор колонн осуществляется при коэффициенте расчетной длины в плоскости рамы $\mu = 2$, из плоскости при расчетной длине равной 7,6 м (расстояние от основания колонны до точки раскрепления из плоскости рамы – распорки).

В результат расчета принимаем двутавр колонный 26К3 по ГОСТ 26020 - 83 с моментом инерции $I = 13560 \text{ см}^4$.

Коэффициент расчетной длины средней (наиболее нагруженной) колонны будет равен:

$$\mu_{ef2} = 2 \cdot \sqrt{\frac{13560 \cdot 10^{-8} \cdot 6055,89 \cdot 10^3}{644,73 \cdot 10^3 \cdot 15 \cdot 13560 \cdot 10^{-8}}} = 1,583$$

$15 \cdot 13560 \cdot 10^{-8}$ в данном выражении – это жесткость эквивалентного стержня. Коэффициент расчетной длины для крайних колонн $\mu_{ef1,3} = 2$, согласно п.10.3.4 и таблице 31 [2, с. 51].

Пример 2. Рассматривается двухпролетная одноэтажная рама, стойки которой задаются жесткостями $I_1, I_2 = I_1 \cdot n_2$, и нагружены силами $N_1, N_2 = N_1 \cdot n_1$ (рис 4). Коэффициенты n_1 и n_2 показывают зависимость между нагрузками и жесткостями при этом $n_1, n_2 \geq 1$.

Коэффициенты $n_1 = N_2/N_1$ и $n_2 = I_2/I_1$.

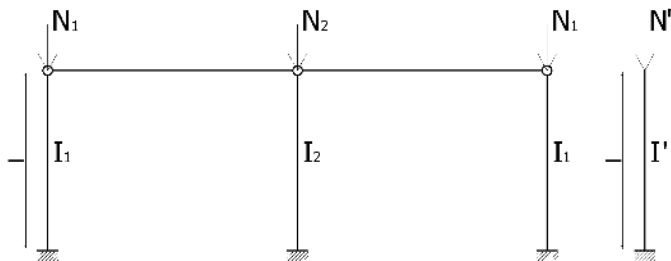


Рисунок 4 – расчетная схема трехпролетной рамы

Определяем коэффициент расчетной длины в средней стойке:

$$\mu_{cp} = 2 \cdot \sqrt{\frac{N_2 \cdot I_1 \cdot (n_2 + 2)}{I_2 \cdot N_1 \cdot (n_1 + 2)}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot (n_2 + 2)}{n_2 \cdot (n_1 + 2)}}$$

На основе данной формулы получаем таблицу для определения расчетной длины в зависимости от соотношений усилий и жесткостей средней стойки (см. табл. 1).

Таблица 1 – Коэффициент расчетной длины средних колонн в зависимости от соотношений нагрузки и жесткостей

n_1/n_2	1	1,4	1,8	2,2	2,6	3	3,4	3,8	4,2	4,6	5
1	2	2,223	2,384	2,507	2,604	2,683	2,749	2,804	2,851	2,892	2,928
1,4	1,799	2	2,145	2,256	2,343	2,414	2,473	2,523	2,565	2,602	2,634
1,8	1,678	1,865	2	2,103	2,185	2,251	2,306	2,352	2,392	2,426	2,456
2,2	1,595	1,773	1,902	2	2,078	2,141	2,193	2,237	2,274	2,307	2,335
2,6	1,536	1,707	1,831	1,925	2	2,061	2,111	2,153	2,190	2,221	2,248
3	1,491	1,657	1,777	1,869	1,941	2	2,049	2,090	2,125	2,156	2,182
3,4	1,455	1,617	1,735	1,824	1,895	1,952	2	2,040	2,075	2,104	2,130

3,8	1,427	1,586	1,701	1,788	1,858	1,914	1,961	2	2,034	2,063	2,088
4,2	1,403	1,559	1,672	1,759	1,827	1,882	1,928	1,967	2	2,029	2,054
4,6	1,383	1,537	1,649	1,734	1,801	1,856	1,901	1,939	1,972	2	2,025
5	1,366	1,519	1,629	1,713	1,779	1,833	1,878	1,915	1,948	1,976	2

По данным таблицы определяются коэффициенты расчетных длин для средней колонны из Примера 1. Коэффициент $n_1 = 644,73 / 283,22 = 2,276$ и $n_2 = 1$. Методом интерполяции определяем коэффициент расчетной длины колонны $\mu_{cp} = 1,584$, что менее чем на 0,5 % отличается от значений, найденных ранее.

Очевидно, что критерием обеспечения устойчивости любого стержня при центральном сжатии является условие: $N_{ult} \leq \varphi \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c$. При вычислении коэффициента φ учитываем геометрические несовершенства стержня и упруго - пластическую диаграмму стали по [4, с. 17], как исходные предпосылки. Расчетная схема консольного стержня приведена на рисунке 5.



Рисунок 5 – Расчетная схема консольного стержня с общим искривлением

Общее искривление стержня рекомендуется учитывать путем умножения стрелки искривления стержня f_0 в ненагруженном состоянии на коэффициент k перехода от максимальной стрелки искривления к эквивалентному эксцентриситету [3, с. 19]:

$$m_{ef} = k \cdot \eta \cdot m_f, \quad (11)$$

$$m_f = \frac{f_0 \cdot A}{W} \quad (12)$$

Коэффициент k вычисляется по формуле:

$$k = 0,82 + 0,1 \cdot \sqrt{\frac{\eta \cdot m_f}{\lambda}}, \quad (13)$$

Запишем формулу (12) с введением эксцентриситета приложения нагрузки e_b и выразим из полученной формулы коэффициент m_f :

$$m_f = \frac{e_b \cdot A}{k \cdot W} \quad (14)$$

Подставляя выражение (14) в (13) получим выражение для определения коэффициента k :

$$k - 0,1 \cdot k^{-0,5} \cdot \sqrt{\frac{\eta \cdot e_b \cdot A}{W \cdot \bar{\lambda}}} = 0,82$$

Результаты расчетов представлены в виде графика зависимости несущей способности стержня от его гибкости (рис. 6). Расчеты выполнены, руководствуясь п.7.1 [2, с. 10], а также численно по рекомендациям [3, с. 18]. Сопоставление расчетов представлено в таблице 2.

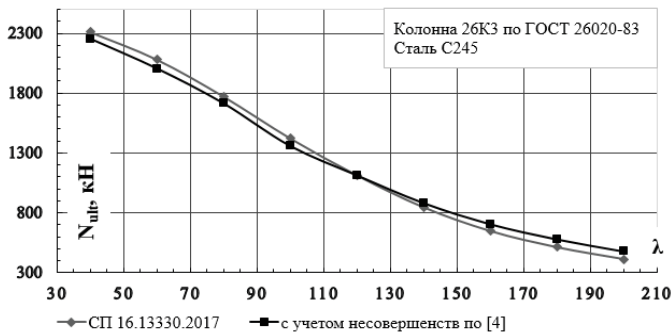


Рисунок 6 – Зависимость несущей способности стержня от его гибкости

Таблица 2 – Сопоставление расчетов по [2] и численно по рекомендациям [4]

λ	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Δ , %									- 15,87
%	2,43 %	3,56 %	3,15 %	4,37 %	- 0,11 %	- 4,34 %	- 9,01 %	- 13,20 %	%

Для того чтобы проанализировать работу центрально сжатых стоек в составе рамы запишем формулу для расчета N_{ult} через гибкость стержня, руководствуясь [4, с. 17]:

$$N_{ult} = \frac{\pi^2 \cdot R_y \cdot A}{1,3 \cdot \bar{\lambda}^2} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A}{1,3 \cdot \lambda^2} \quad (15)$$

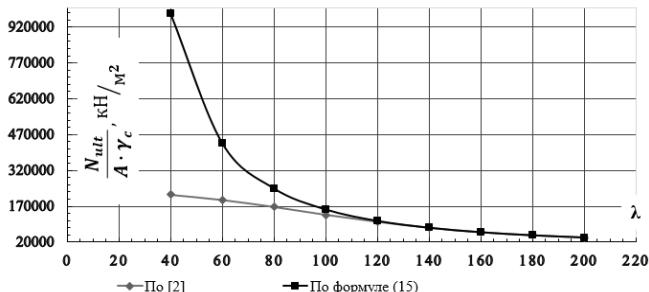


Рисунок 7 – Зависимость несущей способности стержня от его гибкости

По графику на рисунке 7 можно заметить, что формула (15) справедлива только для стержней большой гибкости, для стали С245 при $\lambda_{\text{пред}} = 129$. При малой гибкости стоек $\lambda_{\text{пред}} > \lambda$ расчет ведётся только по СП 16.13330.2017.

Пример 3. Рассматривается двухпролетная одноэтажная рама (рис. 7), стойки которой задаются жесткостями: для крайних стоек 26К1, для средних стоек 26К3 по ГОСТ 26020-83, материал стоек – сталь С245, высота рамы $l = 10$ м. Усилие на среднюю стойку $N_2 = 2 \cdot N_1$.

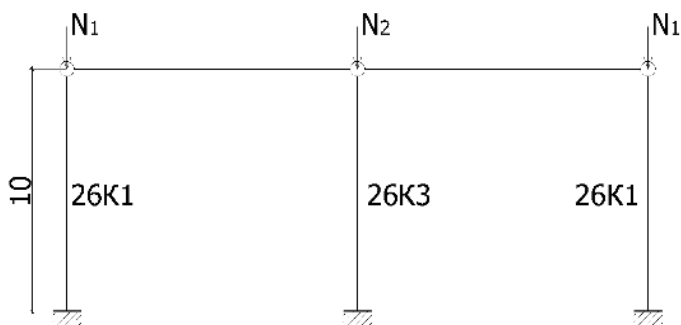


Рисунок 8 – Расчетная схема рамы

Результаты расчетов, полученные численными методами: $\mu_{\text{кр}} = 2,196, \mu_{\text{ср}} = 1,781$, общая эквивалентная предельная сила $\sum N_{ult} = 1337,552$ кН ($N_{ult, \text{кр}} = 334,234$ кН, $N_{ult, \text{ср}} = 669,083$ кН), по СП 16.13330.2017: $\mu_{\text{кр}} = 2, \mu_{\text{ср}} = 1,781$, общая эквивалентная предельная сила $\sum N_{ult} = 1475,316$ кН ($N_{ult, \text{кр}} = 403,116$ кН, $N_{ult, \text{ср}} = 669,083$ кН), что на 9,3 % больше, чем при расчете численными методами.

В заключение можно сделать следующие выводы. При расчете колонн в составе рамы, имеющей неодинаковое нагружение верхних узлов рам и неодинаковые жесткостные характеристики колонн необходимо уточнять коэффициент расчетной длины на основе расчета эквивалентной стойки.

При расчете рам, учитывая общее искривление стержня по [3, с. 18] при большой гибкости стойки нормами занижается несущая способность стержня, так для колонны 26К3 (пример 2) при $\lambda > 150$ различия в определении несущей способности стержней составляют более 5 %.

Расчет несущей способности колонн в составе рамы (пример 3) показал, что расчет по СП 16.13330.2017 завышает несущую способность крайних колонн $N_{ult, \text{кр}}$ на 17 % ($N_{ult, \text{кр}} = 334,234$ кН при расчете численными методами и $N_{ult, \text{кр}} = 403,116$ кН при расчете по СП).

Список используемой литературы:

1. Устойчивость упругих стержневых систем. Часть I (Н - 169). Всесоюзный Государственный Трест ПРОЕКТ - СТАЛЬКОНСТРУКЦИЯ, центральная научно -

исследовательская лаборатория стальных сооружений: утв. Министерством строительства предприятий тяжелой индустрии. – М.: 1951. – 146 с.

2. СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II - 23 - 81*: утв. Приказом Министерства строительства и жилищно - коммунального хозяйства Российской Федерации от 27.02.2017 №126 / пр – 148 с.

3. Пособие по проектированию усиления стальных конструкций к СНиП II - 23 - 81*: утв. Приказом Укрниипроектстальконструкции Госстроя СССР №65 от 22.10.1987. – 160 с.

4. Пособие по проектированию стальных конструкций к СНиП II - 23 - 81*: утв. Госстроем СССР 15.08.85. – М.: ЦИТП, 1989. – 148 с.

5. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07 - 85*: утв. Приказом Министерства строительства и жилищно - коммунального хозяйства Российской Федерации от 03.01.2016 г. №891 / пр – 95 с.

© Плотников Н.А., 2021

Севастеева Е.С.

Студент

Университет ИТМО

Санкт - Петербург, Россия

Научный руководитель: Плотников С.А.

Кандидат физико - математических наук

Институт проблем машиноведения

Санкт - Петербург, Россия

ОБРАБОТКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ БЫСТРЫХ РИТМОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА НА ОСНОВЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НЕЙРОНА

Аннотация

Мозговые колебания на различных частотных диапазонах давно известны, однако взаимосвязь между ними изучена далеко не полностью, а также процесс обработки этих сигналов, например фильтрации, может вносить изменения в сам сигнал. В данной работе проведена разработка универсального инструментария обработки сигналов электрокортикограмм (ЭКГ) мозга, а именно: фильтрации без внесения нелинейных сдвигов и построения огибающих. Подтверждена гипотеза об амплитудно - фазовом возбуждении быстрых мозговых гамма - ритмов медленными дельта - ритмами (с идентификацией частоты последних в ходе эксперимента). Вычислен временной сдвиг между исследуемыми сигналами. Проведено моделирование на основе модели биологического нейрона ФитцХью - Нагумо, подтверждающее эксперимент.

Ключевые слова

Гамма - ритм, фильтр нулевого сдвига, корреляция, модель ФитцХью - Нагумо

Нейронные колебания – это электрическая активность мозга, измеряемая на разных частотах. Они могут представлять собой переменные сигналы и обычно описываются как

низкочастотные полосы в дельта (< 4 Гц), тета (4 - 8 Гц), альфа (8 - 12 Гц) и бета (12 - 30 Гц) до высоких частот в гамма - диапазоне (30 - 80 Гц) [8]. Во многих исследованиях сообщалось о нейронных колебаниях в различных частотных диапазонах, см. [3, 8]. С другой стороны, существуют некоторые исследования связи между низкочастотными и высокочастотными полосами, см. [1, 6] и ссылки в них. Отметим, что в [1] наблюдалась связь между высокочастотным и низкочастотным диапазонами нейронных колебаний в человеческом мозге. Эти колебания генерируются большими ансамблями нейронов, которые синхронно колеблются и обеспечивают основу для сложных протекающих когнитивных процессов (память, мышление, планирование и принятие решений)[6, 7]. В [8] обсуждалась концепция о том, что аномалии колебаний в гамма - диапазоне при шизофрении часто возникают на фоне аномалий колебаний низкочастотных диапазонов и именно поэтому нас интересует механизм их взаимовлияния. Тем не менее, все еще остается открытым вопрос о том, как именно быстрые и медленные процессы в мозге взаимодействуют друг с другом. Это взаимодействие может быть достигнуто различными способами [2, 4]. Амплитудно - фазовая связь особенно интересна, поскольку ритм высокой частоты (например, гамма) может генерироваться низкочастотным сигналом (например, дельта или тета). Этот факт может быть использован для моделирования возбудимой системы, производящей высокочастотные колебания, с помощью моделей биологических нейронов и подтверждения этим моделированием результатов эксперимента, чего в других работах встречено не было.

Обработка сигнала

Обработка сигнала включает в себя выбор алгоритма фильтрации для выделения быстрой и медленной компонент из исходных сигналов, построение огибающей быстрого ритма, характеризующей периоды всплесков и затуханий последних и расчет корреляции как индикатора наличия или отсутствия линейной амплитудно - фазовой взаимосвязи между исследуемыми сигналами. Экспериментальные данные представляют собой 32 - канальную ЭКОГ (28 каналов, регистрирующих высокочастотные диапазоны и 4 канала – низкочастотные). Частота дискретизации сигнала 2 кГц, время записи 128 секунд. Визуализация представлена на рис. 1.

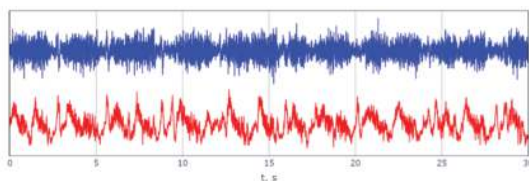


Рисунок 1 – нефильтрованные сигналы высокочастотного (синий) и низкочастотного (красный) диапазонов

Итак, прежде чем анализировать взаимосвязь сигналов, необходимо научиться фильтровать их. В качестве полосовых фильтров были рассмотрены следующие варианты 4 - го порядка: Баттерворта, Чебышева (1 - го и 2 - го родов) и эллиптический. Предпочтение было отдано первому кандидату за самую гладкую амплитудно - частотную характеристику в полосе пропускания. Однако, в то же время он имеет наиболее пологую

характеристику, а также вносит нелинейные фазовые сдвиги. Для решения двух данных вопросов было решено применить фильтр нулевого сдвига – то есть построенный фильтр, через который данные пропускают в прямом и обратном направлениях. Таким образом, амплитудная составляющая становится более крутой, а фазовые сдвиги взаимно сокращаются. Подтверждение этих фактов представлено на рис. 2.

Следующим этапом обработки является необходимость выбрать универсальный способ построения огибающей, для того чтобы получать характер всплесков и затуханий быстрого сигнала для дальнейшего сравнения с медленным сигналом. Были рассмотрены три подхода: построение огибающей по пикам, методом эмпирических мод [10] и с помощью преобразования Гильберта.

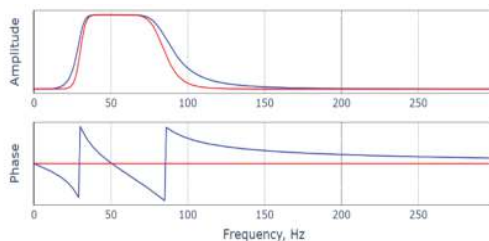


Рисунок 4 – АФЧХ обычного фильтра Баттлерворта (синий) и фильтра нулевого сдвига (красный)

Первый и самый наивный метод заключается в том, что мы выбираем пики сигнала с определенной периодичностью и далее по ним строим интерполяционную кривую, т.е. в нашем случае огибающую. Однако, минусом такого подхода является высокая степень зависимости результата от выбора начальной точки (объяснить ее можно высокой частотой быстрого сигнала). Это не позволяет методу быть универсальным, поэтому от его использования отказались. Следующим кандидатом был метод эмпирических мод, суть которого заключается в разложении сложносоставного сигнала, обладающего некоторой периодичностью, на так называемые моды: каждая из них должна иметь нулевое среднее значение, а количество максимумов и минимумов функции не должно отличаться от количества пересечений нуля больше, чем на 1. Плюсом данного подхода можно назвать то, что огибающая получается непосредственно из составляющих самого сигнала (одной или нескольких эмпирических мод), то есть не привносится ничего лишнего. Но при этом, в силу того, что разложение на компоненты происходит итеративно, случается так, что при запуске алгоритма на двух временных интервалах (один включает другой) на их пересечении результаты совпадать не будут, что в свою очередь снова противоречит универсальности алгоритма. Третьим методом было построение преобразования Гильберта, которое является аналитическим методом и не обладает недостатками предыдущих вариантов. Однако, по причине высокой частоты сигнала огибающая получалась слишком «детальной», поэтому к самому результату преобразования был применен фильтр нижних частот и таким образом удалось получить приемлемый результат. Иллюстрация огибающей, полученной данным способом представлена на рис. 3.

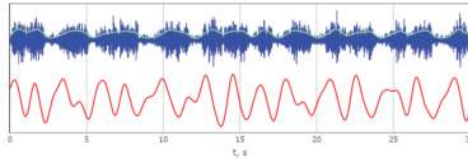


Рисунок 3 – фильтрованные быстрый (синий) и медленный (красный) сигналы, а также огибающая быстрой компоненты (зеленый)

По полученной огибающей можно оценить, что периодичность всплесков и затуханий – она составляет примерно 2 с. Таким образом, возбуждающий медленный ритм мы будем искать в диапазоне частот менее 1 Гц, т.е. в дельта - диапазоне. Отфильтрованный медленный сигнал можно увидеть на рис. 3.

Следующим этапом мы центрируем наши сигналы и нормируем их для удобства дальнейших вычислений. Введем обозначения: $s(t)$ – фильтрованный дельта - сигнал, $e(t)$ – огибающая быстрого гамма - ритма. Теперь вычислим корреляцию Пирсона для этих величин по формуле 1, как функцию их временного сдвига друг относительно друга:

$$\rho(\tau) = \frac{\sum s(t + \tau) \cdot e(t)}{\sqrt{\sum s(t + \tau)^2 \sum e(t)^2}} \quad (1)$$

Где: τ – временной сдвиг дельта - ритма относительно огибающей гамма - ритма, лежащий в диапазоне $[-2; 2]$ с.

График корреляции этих сигналов на временном промежутке $[30; 100]$ с представлен на рис. 4. Здесь явно просматриваются два пика, отмеченные звёздочками. Первый явный максимум на сдвиге $\tau \approx -0.45$ с равный $\rho \approx 0.66$ как раз подтверждает нашу гипотезу и говорит о том, что медленные ритмы задают поведение быстрым так, что при значениях больше нуля гамма - ритм активизируется, а при меньших – гамма - ритм затухает. Второй же пик, расположенный примерно через 1 с, говорит о том, что примерно через полпериода наши сигналы вступают в противофазу и их корреляция становится отрицательной. И это ещё одно подтверждение нашей гипотезы.

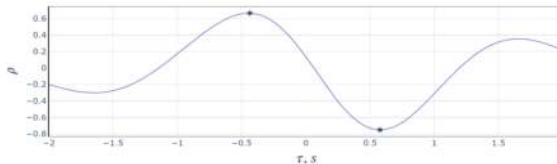


Рисунок 4 – зависимость значений корреляции $\rho(\tau)$ от длительности сдвига τ

Для выбора сигнала для дальнейшего сравнения с моделированием была проведена следующая манипуляция: для каждого канала были вычислены два пика и соответствующие им сдвиги. Результат отображен на рис. 5. Видно, что разброс по временам сдвига значительно больше, чем по корреляции, поэтому для дальнейшего анализа выберем канал с самым близким к среднему времени сдвига. Стоит отметить, что для всех

каналов положительная корреляция превысила значение 0.62 при том, что вычислялась она практически на всём интервале эксперимента, что опять же подтвердило нашу гипотезу.

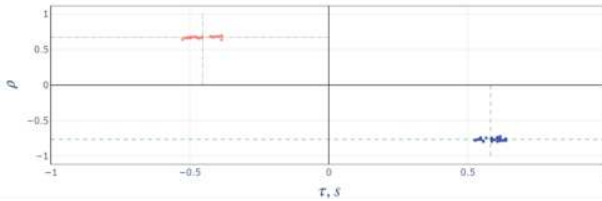


Рисунок 5 – графическое изображение пиков для всех каналов.

Горизонтальные пунктирные линии – это средние значения корреляций по всем каналам, а вертикальные – средние значения сдвигов.

Среднее значение положительного сдвига $\bar{\tau} = -0.448$, а корреляции $-\bar{\rho} = 0.66$

Выбранный канал был поделен на промежутки длиной в 20 с (с шагом 5 с) для нахождения оптимального интервала для моделирования. Интервалы большей длительности рассматривать ресурсозатратно. Таким образом нам удалось аналогичным сравнением на графике корреляций - сдвигов получить промежуток 35 - 55 с и соответствующие ему значения $\tau = -0.466, \rho = 0.74$. Медленный сигнал и огибающая на этом промежутке изображены на рис. 6.

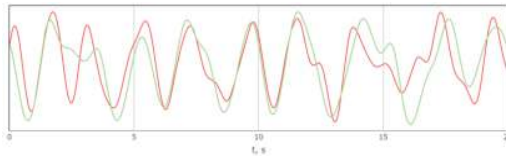


Рисунок 6 – фильтрованный медленный сигнал (красный) и огибающая быстрого (зелёный)

Моделирование

Для подтверждающего моделирования была выбрана модель ФитцХью - Нагумо [5]. В качестве возбуждающего сигнала в неё был введён фильтрованный медленный ритм $s(t + \tau)$, а также добавлен белый шум $\xi(t)$ для схожести с реальной системой. Полученная модель представлена ниже:

$$\begin{cases} \dot{u}(t) = \frac{\delta}{\varepsilon} \left(u(t) - \frac{u^3(t)}{3} - v(t) + s(t + \tau) + \xi(t) \right) \\ \dot{v}(t) = \delta(u(t) - b \cdot v(t) + a) \end{cases} \quad (4)$$

Где: u, v – переменные системы, характеризующие клеточные потенциалы;

a, b, ε – параметры системы;

δ – коэффициент, введенный для генерации системой нужной частоты.

Система без возбуждения имеет два режима работы [5] в зависимости от значений параметров: с устойчивым положением равновесия и с предельным циклом. Нас

интересуют первые, так как возбуждать систему планируется при помощи введения в систему медленного дельта - сигнала.

Значения параметров системы подбирались при помощи эволюционного алгоритма [9], максимизирующего значения корреляции между моделируемой огибающей и экспериментальной. Результаты моделирования представлены на рис. 7: полученная корреляция огибающих имеет значение 0.78, что, во - первых, подтверждает наг гипотезу ещё и моделированием, а во - вторых, говорит об успешном моделировании поведения гамма - ритмов. Даже визуально на рисунке просматривается связь между всплесками и затуханиями моделируемого и экспериментального сигналов.

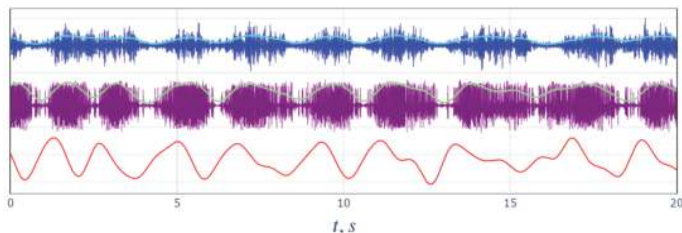


Рисунок 7 – График исходного быстрого сигнала (синий) и его огибающей (голубой), смоделированного сигнала модели ФХН (фиолетовый) и его огибающей (зелёный), а также фильтрованного медленного сигнала $s(t + \tau)$, подающегося в систему (красный)

Выводы

В данной работе был разработан и успешно применен набор инструментов для фильтрации сигналов и построения огибающих. Учтены и сглажены их наиболее заметные недостатки, такие как нелинейный фазовый сдвиг. Вычислены временные сдвиги, равные примерно половине секунды, и корреляции, среднее значение которых для всех каналов оказалось равным 0.66, а в лучшем промежутке достигло значения 0.74. С их помощью подтверждена поставленная гипотеза об амплитудно - фазовом возбуждении быстрых гамма - осцилляций медленными дельта - ритмами. Проведено моделирование на основе биологической модели нейрона и полученные результаты позволяют сделать вывод о подтверждении гипотезы моделью.

Список литературы

1. Canolty R. T. [и др.]. High Gamma Is Phase - Locked to Theta Oscillations in Human Neocortex // Science. 2006. № 5793 (313). С. 1626–1628.
2. Canolty R. T., Knight R. T. The functional role of cross - frequency coupling // Trends in Cognitive Sciences. 2010. № 11 (14). С. 506–515.
3. Carmichael J. E., Gmaz J. M., Meer M. A. A. van der Gamma Oscillations in the Rat Ventral Striatum Originate in the Piriform Cortex // The Journal of Neuroscience. 2017. № 33 (37). С. 7962–7974.
4. FitzGerald T. Cross - frequency coupling within and between the human thalamus and neocortex // Frontiers in Human Neuroscience. 2013. (7).

5. FitzHugh R. Impulses and Physiological States in Theoretical Models of Nerve Membrane // *Biophysical Journal*. 1961. № 6 (1). С. 445–466.
6. Jensen O., Kaiser J., Lachaux J. - P. Human gamma - frequency oscillations associated with attention and memory // *Trends in Neurosciences*. 2007. № 7 (30). С. 317–324.
7. Lega B. C., Jacobs J., Kahana M. Human hippocampal theta oscillations and the formation of episodic memories // *Hippocampus*. 2012. № 4 (22). С. 748–761.
8. Moran L. v., Hong L. E. High vs low frequency neural oscillations in schizophrenia // *Schizophrenia Bulletin*. 2011. № 4 (37). С. 659–663.
9. Price K., Storn R. M., Lampinen J. A. *Differential Evolution* / K. Price, R. M. Storn, J. A. Lampinen, Berlin / Heidelberg: Springer - Verlag, 2005.
10. Zeiler A. [и др.]. Empirical Mode Decomposition - an introduction IEEE, 2010.С. 1–8.

© Севастеева Е.С. 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Ветлицын Ю. А. ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТ – МОДА ИЛИ КОНЦЕПЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ	3
Епифанцев К.В., Гребенников В. И. ВОЗМОЖНОСТИ ПОРТАТИВНОГО ПРОФИЛОМЕТРА TR220	6
Литовченко А.А. ВИДЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ЖИДКОСТНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ	9
Любимов В.А., Лазарев С.Н., Максаков С.А. ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ	11
Любимов В.А. СИСТЕМНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ИННОВАЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ	14
Немыкина Т.И., Магохина А.П. ПРИМЕНЕНИЕ ИНОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ	16
Омарханова А. С. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ ОТРАСЛЕЙ ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН	19
Плотников Н.А. ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА РАСЧЕТНОЙ ДЛИНЫ СТАЛЬНЫХ КОЛОНН В КАРКАСНЫХ ЗДАНИЯХ	22
Севастеева Е.С. ОБРАБОТКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ БЫСТРЫХ РИТМОВ ГОЛОВНОГО МОЗГА НА ОСНОВЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НЕЙРОНА	30

Уважаемые коллеги!

Приглашаем принять участие в Международных и Всероссийских научно-практических конференциях и опубликовать результаты научных исследований в сборниках по их итогам.

**Все участники получают индивидуальные ДИПЛОМЫ.
Научным руководителям будет выдаваться БЛАГОДАРНОСТЬ.
Дипломы и благодарности высылаются в печатном виде и
размещаются в электронном виде на сайте <https://ami.im>**

**Организационный взнос составляет 100 руб. за страницу.
Минимальный объем статьи, принимаемой к публикации 3 страницы.**

По итогам конференций издаются сборники:

- которым присваиваются библиотечные индексы УДК, ББК и ISBN;
- которые размещаются в открытом доступе на сайте <https://ami.im>;
- которые постатейно размещаются в Научной электронной библиотеке eLibrary.ru по договору № 1152-04/2015К от 2 апреля 2015г.

Сборник (в электронном виде), диплом и благодарность научному руководителю (в электронном и печатном виде) предоставляются участникам бесплатно.

Публикация итогов (издание сборников и изготовление дипломов и благодарностей) осуществляется в течение 5 дней после проведения конференции.

График Международных и Всероссийских научно-практических конференций, проводимых Агентством международных исследований представлен на сайте <https://ami.im>



С уважением, Оргкомитет
<https://ami.im> || conf@ami.im || +7 967 7 883 883 || +7 347 29 88 999

Научное издание

Сборник статей по итогам
Международной научно-практической конференции

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

В авторской редакции

Авторы дали полное и безоговорочное согласие по всем условиям Договора о публикации материалов, представленного по ссылке <https://ami.im/politika-agentstva/public-offer/>

Подписано в печать 13.07.2021 г. Формат 60x84/16.

Печать: цифровая. Гарнитура: Times New Roman

Усл. печ. л. 2,3. Тираж 500. Заказ 606.



АГЕНТСТВО МЕЖДУНАРОДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

АГЕНТСТВО МЕЖДУНАРОДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

453000, г. Стерлитамак, ул. С. Щедрина 1г.

<https://ami.im> || e-mail: info@ami.im || +7 347 29 88 999

Отпечатано в издательском отделе
АГЕНТСТВА МЕЖДУНАРОДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
450076, г. Уфа, ул. М. Гафури 27/2