



УДК 004.738.5

Р.Р. Байдельдинова, Г.В. Попова

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

**СОЗДАНИЕ ИНТЕРНЕТ-СЕРВИСА, ПРЕДОСТАВЛЯЮЩЕГО
УСЛУГИ ДЛЯ ПАЦИЕНТОВ РК**

В настоящее время в Казахстане, как и во всем мире, идет бурное внедрение информационных технологий во все сферы человеческой деятельности и в том числе и в медицину. Персональные медицинские записи о пациенте в электронной форме [1] являются информационной основой современного здравоохранения. Медицинские сведения являются информацией ограниченного доступа, а это значит, что их безопасность обеспечивается действующим законодательством. Поэтому те программные и технические средства, которые применяются для обеспечения информационной безопасности в медицине, обязательно должны соответствовать действующему законодательству.

Основным объектом хранения информации должен стать универсальный электронный документ. Интерфейс системы и базовые приемы работы должны повторять привычный для медицинских работников документно-ориентированный способ хранения информации.

Современные зарубежные и отечественные электронные сервисы. На сегодняшний день существует много мобильных приложений и интернет-сервисов, позволяющих пациентам самостоятельно вносить данные о жизненно важных показателях здоровья и обмениваться этой информацией с врачом, имеющим доступ к электронным персональным медицинским записям пациента. Приведем информацию о некоторых из этих электронных сервисов.

В проекте «Электронная карта здоровья» [2] пациент осуществляет сбор своей медицинской информации на флеш-карте, заполняя специализированные медицинские формы, установленные на нее вместе с необходимым ПО. Проект дает возможность собрать вместе сведения из многочисленных амбулаторных карт, историй болезни, результаты диспансеризации, предварительных и профилактических осмотров. Это особенно важно, если меняются страховые компании и медицинские организации, например при частой смене места жительства или изменении места работы. Компактность, удобство и простота использования, оперативность доступа к информации дают широкому кругу пользователей возможность владеть в полном объеме информацией о состоянии своего здоровья.

«Личный кабинет пациента» [3] является электронным сервисом Минздрава РФ, созданным в 2014 г. Этому способствовала модернизация здравоохранения, благодаря которой пациенты получили возможность записываться на прием через интернет. Кроме этой возможности сервис предоставляет пользователю доступ к своим медицинским документам и возможность ведения «Дневника пациента», в который вручную заносятся данные о состоянии физиологических параметров организма (давление, температура, вес и т.п.) и приеме лекарств.

В сервисе «Личный кабинет пациента» реализованы следующие возможности:

- регистрация персональных данных пациента;
- запись на прием и удаленное консультирование с лечащим врачом с получением пациентом рекомендаций;
- доступ к ЭМК пациента;
- взаимодействие пациента с медицинскими организациями (уведомление пациентов о готовности результатов лабораторных анализов и исследований, заказ справок, заключений, выпуск из медицинской карты);
- сохранение информации личного кабинета на внешние носители.

«Личный кабинет пациента» подразумевает создание единого шаблона ЭМК для всех пользователей системы, который еще не разработан и требует значительных затрат ресурсов.

Сервис OnDoc. Сервис Системы персонального здравоохранения OnDoc - новый, некоторые его функции находятся в стадии тестирования. Сервис в качестве своей миссии видит изменение отношения людей к своему здоровью. Как тех, кто, что называется, любит лечиться, любит следить за своим здоровьем и периодически обращаться к врачам, так и для тех, кто всячески этого избегал и избегает. Любителям профилактики сервис предоставляет возможность собрать воедино все исследования, обследования, назначения и т.п. Тем же, кто не любит лишний раз обращаться к врачам, сервис позволяет сделать это виртуально, не выходя из дома, и получая при этом пользу и помощь.

Проектирование интернет-сервиса. Мир информационных технологий развивается динамично. Всё большую роль играют интернет-сервисы. Сегодня приложения этого вида стали такими же сложными программными продуктами, как и обычные desktop-приложения [4].

Интернет-сервисы - это программы, предназначенные для автоматизированного выполнения каких-либо задач на веб-серверах и использующие в качестве программы-клиента интернет-браузеры. Данные хранятся на сервере, а обмен информацией между сервером и клиентом происходит по сети. К преимуществам интернет-сервисов следует отнести следующие: они не требуют установки на компьютер заказчика объемного программного обеспечения (для полноценной работы нужны только браузер и доступ в интернет); веб-разработки не требуют специальной настройки и администрирования, их администраторами являются разработчики; для работы интернет-сервисов требуется минимальная аппаратная платформа; обновление интернет-сервисов происходит автоматически; веб-приложения обеспечивают высокую мобильность, ими можно пользоваться везде, где есть доступ в интернет [5].

На сегодняшний день наиболее часто используемым шаблоном проектирования интернет-сервисов является Модель-Вид-Контроллер (MVC). Сейчас MVC является практически синонимом веб-разработки среди всех платформ [6]. Шаблон MVC описывает простой способ построения структуры приложения, целью которого является отделение бизнес-логики от пользовательского интерфейса. В результате приложение лучше масштабируется, тестируется и является более простым в сопровождении и реализации. В архитектуре MVC модель предоставляет данные и правила бизнес-логики, представление отвечает за пользовательский интерфейс, а контроллер обеспечивает взаимодействие между моделью и представлением.

Типичную последовательность работы MVC-приложения можно описать следующим образом. При заходе пользователя на веб-ресурс скрипт инициализации создает экземпляр приложения и запускает его на выполнение. При этом отображается вид главной страницы сайта. Далее приложение получает запрос от пользователя и определяет запро-

шенные контроллер и действие. В случае главной страницы выполняется действие по умолчанию. Затем приложение создает экземпляр контроллера и запускает метод действия, в котором, к примеру, содержатся вызовы модели, считывающие информацию из базы данных. После этого действие формирует представление с данными, полученными из модели, и выводит результат пользователю.

Модель содержит бизнес-логику приложения и включает методы выборки (это могут быть методы ORM), обработки (например, правила валидации) и предоставления конкретных данных. Модель не должна напрямую взаимодействовать с пользователем. Все переменные, относящиеся к запросу пользователя, должны обрабатываться в контроллере. Модель не должна генерировать HTML или другой код отображения, который может изменяться в зависимости от нужд пользователя. Такой код должен обрабатываться в видах. Одна и та же модель, например, модель аутентификации пользователей, может использоваться как в пользовательской, так и в административной части приложения. В таком случае можно вынести общий код в отдельный класс и наследоваться от него, определяя в наследниках специфичные для подприложений методы.

Вид используется для задания внешнего отображения данных, полученных из контроллера и модели. Виды содержат HTML-разметку и небольшие вставки PHP-кода для обхода, форматирования и отображения данных. Вид не должен напрямую обращаться к базе данных. Этим должны заниматься модели. Вид не должен работать с данными, полученными из запроса пользователя. Эту задачу должен выполнять контроллер. Вид может напрямую обращаться к свойствам и методам контроллера или моделей для получения готовых к выводу данных. Виды обычно разделяют на общий шаблон, содержащий разметку, общую для всех страниц (например, шапку и подвал) и части шаблона, которые используются для отображения данных, выводимых из модели, или отображения форм ввода данных.

Контроллер - связующее звено, соединяющее модели, виды и другие компоненты в рабочее приложение. Контроллер отвечает за обработку запросов пользователя. Контроллер не должен содержать SQL-запросов. Их лучше держать в моделях. Контроллер не должен содержать HTML и другой разметки. Ее стоит выносить в виды. В хорошо спроектированном MVC-приложении контроллеры обычно содержат только несколько десятков строк кода [7].

Создание связанного сервера с использованием Management Studio. Связанные серверы – это своего рода подключение к другому источнику данных, которым может выступать как сервер баз данных, так и простой файл xls или dbf. Используя это подключение, можно посылать запросы к данному источнику данных.

Функционал связанных серверов позволяет не писать сложные, непонятные sql-инструкции, так как это подключение настраивается один раз, а потом в запросе в качестве источника указывается наше подключение.

Используя функционал связанных серверов, можно подключаться к таким источникам, как MS SQL Server, Access (mdb), Excel (xls), DBF, PostgreSQL, Oracle, текстовым файлам (txt, csv) и многим другим. В качестве поставщика могут выступать, например такие компоненты, как Microsoft Jet 4.0 OLE DB Provider или драйвера ODBC.

Создать связанный сервер можно двумя способами: первый - это использование функционала Management Studio, а второй - на Transact-SQL с помощью процедуры sp_addlinkedserver. На рисунке представлены компоненты связанного сервера.

Интернет-сервис для пациентов. В процессе разработки интернет-сервиса спроектирована и создана база данных [8], в соответствии с которой в интернет-сервис вошли следующие модели данных: «пациент», «врач», «услуга».

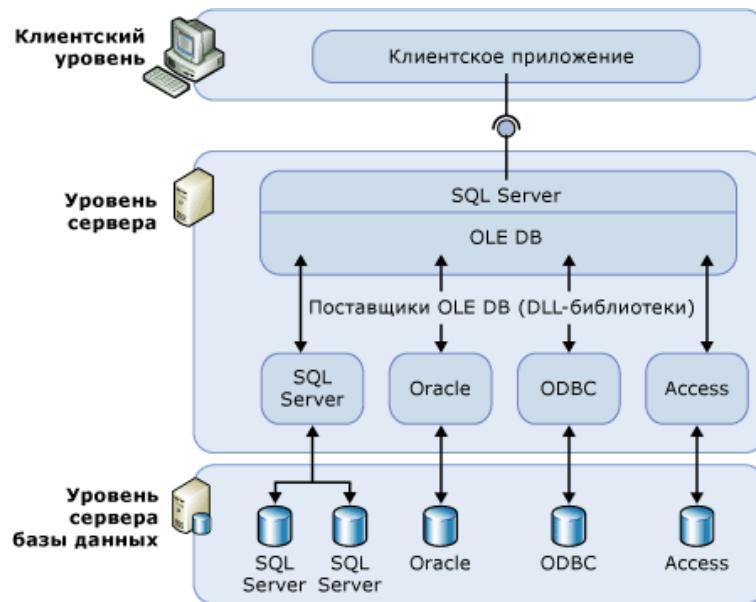


Рисунок - Компоненты связанных серверов

Внедрение данного сервиса повышает доступность и качество медицинской помощи населению за счет оперативного взаимодействия пациента с врачом, мониторинга показателей здоровья пациента, удаленных консультаций. Параллельно формируются электронная база данных проведенных исследований для обеспечения динамического наблюдения и централизованная электронная история болезни с возможностью доступа медицинских работников. Система предоставляет возможность статистической и аналитической обработки данных о состоянии здоровья населения и высвобождает ресурсы стационаров за счет расширения возможностей амбулаторного лечения и наблюдения пациентов.

Пациент предоставляет свои персональные медицинские данные, записи, анализы и изображения, а система диагностирует заболевание пациента и предоставляет на просмотр наиболее квалифицированного специалиста-доктора [9].

Нейронные сети для задач диагностики. Нейронные сети [10] представляют собой нелинейные системы, позволяющие гораздо лучше классифицировать данные, чем обычно используемые линейные методы. В приложении к медицинской диагностике они дают возможность значительно повысить специфичность метода, не снижая его чувствительности.

Проведем наблюдение за тем, как врач ставит диагноз болезни пациента. Прежде всего он выясняет и записывает имя, возраст, пол, место работы, затем, как правило, измеряет давление, проводит внешний осмотр, выслушивает жалобы больного, знакомится с историей его болезни, результатами анализов, изучает электрокардиограмму. В результате у врача накапливается от 20 до 100 и более параметров, характеризующих пациента и его состояние здоровья. Это и есть исходные параметры, обработав которые с помощью своих медицинских знаний и опыта, врач делает заключение о заболевании пациента – ставит диагноз его болезни.

Задавшись целью построить нейросетевую математическую модель врача-диагноста, прежде всего необходимо определиться с входным вектором X и выходным вектором D , задав их размерности, и условиться о содержимом каждого компонента. В векторе X ло-

гично предусмотреть параметры, которые врач выясняет у больного. Например, в качестве компоненты можно задать дату рождения, в качестве – закодировать пол (например, нулем или единицей), в качестве – вес больного, артериальное давление, температуру тела и т.д. Не лишне учесть также цвет глаз, цвет волос, знак зодиака и другие данные, определяющие особенности организма и, следовательно, влияющие на вероятность возникновения тех или иных заболеваний. В выходном векторе D следует закодировать все возможные диагнозы болезней, которые способен обнаружить врач.

Естественно, что размерность вектора D можно существенно снизить, если моделировать врача, специализирующегося в узкой области медицины. Так, если мы выбрали врача-кардиолога, то векторе D следует кодировать только кардиологические заболевания. Например, можно принять, если у больного был инфаркт и если нет. Аналогично можно закодировать наличие или отсутствие порока сердца - ишемической болезни сердца и т.д.

Таким образом, выходной вектор персептрона D будет состоять из множества нулей и одной или нескольких единиц (если болезней несколько). Однако диагнозы болезней лучше кодировать по пяти-, десяти- или стобалльной шкале. Тогда на этапе подготовки обучающего множества примеров с помощью баллов можно будет учитывать степень уверенности врача в правильности его диагноза или степень развитости заболевания, а на этапе эксплуатации – вероятность правильного ответа персептрона. Например, если врач подозревает, что у больного инфаркт миокарда, знает, что у больного нет порока сердца, и уверен, что больной страдает ишемической болезнью сердца, то он может указать: $d_1 = 20\%$, $d_2 = 0\%$, $d_3 = 100\%$.

Далее следует подготовить множество обучающих примеров. Качество нейросетевой диагностической системы напрямую зависит от квалификации практикующего врача, на примерах работы которого она обучилась. Дело в том, что нейронная сеть наследует от врача не только его знания, но и пробелы в его медицинском образовании [11]. Понятно, что она будет допускать те же самые врачебные ошибки, которые допускает врач. Поэтому для обеспечения высокого качества диагностики нейронную сеть следует обучать на примерах работы высококвалифицированного врача или даже на результатах работы врачебного консилиума. А если к работе по обучению нейронной сети привлечь еще и патологоанатома, исключающего ошибки врачебной диагностики, то будут все основания надеяться, что обученная таким способом нейронная сеть по качеству выставляемых диагнозов превзойдет обычных врачей. В этом случае нейронная сеть может обнаружить и заложить в модель такие закономерности человеческого организма, которые современной медицине вообще неизвестны [12].

Итак, в результате совместной работы коллектива специалистов-медиков и программистов будет накоплено множество обучающих примеров, состоящее из множества пар векторов. Теперь задача состоит в том, чтобы спроектировать персептрон и путем обучения передать ему знания и опыт, содержащийся во множестве обучающих примеров. В качестве метода обучения персептрона можно использовать, например, алгоритм обратного распространения ошибки.

В результате персептрон должен научиться отображать любой вектор обучающего множества на вектор, совпадающий (либо почти совпадающий) с вектором. Кроме того, при появлении нового пациента, характеризующегося новым входным вектором, персептрон должен вычислить для него новый вектор, содержащий правильный диагноз, поставленный персептроном уже без помощи врача-эксперта. Другими словами, персептрон должен уметь обобщать переданный ему опыт на новые, не встречавшиеся ранее примеры предметной области – ставить диагнозы болезней новым, не встречавшимся ранее пациентам [13].

На основании вышеизложенного можно сделать следующее заключение.

Реализации персонализированных медицинских интернет-сервисов (web-кабинеты и дневники самонаблюдения пациентов) имеют некоторые общие недостатки. В сервисах, предусматривающих доступ врача к дневнику пациента, консультации ведут разные специалисты, работающие с этим сервисом. В современных условиях децентрализации здравоохранения большинство информационных потоков замыкается на самом пациенте. Только он может попытаться собрать все свои медицинские данные, распыленные по государственным и коммерческим медучреждениям, санаторно-курортным, лабораторным и диагностическим центрам, добавить к ним данные самостоятельного мониторинга состояния здоровья и сведения о частных консультациях. Доступность выбора специалиста самим пациентом делает его более ответственным в отношении собственного здоровья, усиливает вовлеченность в лечебно-диагностический процесс. Поэтому качество работы экспертной системы всегда стабильно и не зависит от настроения и состояния здоровья. Нейронная сеть способна извлекать и применять знания, которые современной медицине неизвестны. Поэтому есть все основания ожидать, что, благодаря применению методов искусственного интеллекта, в будущем несовершенство современной медицины будет в значительной степени ликвидировано.

Список литературы

1. Жарко В.И. / В.И. Жарко, А.К. Цыбин, И.В. Малахова и др. // Вопросы организации и информатизации здравоохранения. – 2006.– № 4. – С. 3–7.
2. Электронная карта здоровья. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://medelement.com/page/elektronnyiy_kabinet_patsienta.
3. Личный кабинет пациента // Министерство здравоохранения Российской Федерации. – Режим доступа: URL: http://www.rosminzdrav.ru/health/it/50_Lichnyj_kabinet_patcienta.pdf.
4. Web-Dev. Заметки web-мастера. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lamp-dev.ru/web-dev/desktop-vs-web-applications/> (дата обращения: 01.10.2015).
5. Qsco. Информационные системы для вашего бизнеса. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.q-sco.ru/oblasti-ekspertitzi/napravlenija/web-prilozhenija.html> (дата обращения: 01.10.2015).
6. Model-View-Controller-MVC. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.phpro.org/tutorials/Model-View-Controller-MVC.html> (дата обращения: 01.10.2015)
7. Аналитические статьи, мысли, связанные с информационными технологиями, бизнесом и Интернетом. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/150267/> (дата обращения: 01.10.2015).
8. Yiiframework. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.yiiframework.com/doc/guide/1.1/ru/quickstart.what-is-yii> (дата обращения: 01.10.2015).
9. Андрейчиков А.В. Интеллектуальные информационные системы / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.: Финансы и статистика, 2006.
10. Боровиков В.П. Прогнозирование в системе Statistica в среде Windows / В.П. Боровиков, Г.И. Ивченко. – М.: Финансы и статистика, 2006.
11. Гельман В.Я. Медицинская информатика: практикум. – СПб.: Питер, 2002.
12. Горбань А.Н. Методы нейроинформатики. – Красноярск, 1998.
13. Жарко В.И. // Мед. вестник. – 2008. – № 9 (843). – С. 2.

Получено 02.02.2017

УДК 666.97.031

А.В. Вавилов, М.В. Дудкин, Г.А. Гурьянов, Е.А. Клименко, А.А. Филянов

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

**РАЗРАБОТКА НОВОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ЛИНИИ
ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ**

Одной из базовых основ современного строительства является производство бетонов и изделий из них. По оценкам экспертов ежегодный мировой выпуск бетона превышает 2 миллиарда кубометров [1-4], что намного превосходит производство других видов промышленной продукции. При этом производство бетонов продолжает расти с каждым годом. Основными вопросами при производстве бетонов остаются повышение их качества и снижение стоимости.

Одним из видов бетонов, который широко используется в современном строительстве, является сталефибробетон – СФБ [3, 5, 6]. Основой СФБ служит стальная фибра, которая производится из различных типов стальной проволоки. Данный вид фибры имеет очень хорошие технологические характеристики, но и достаточно высокую стоимость.

Снизить стоимость фибры возможно за счёт использования для её производства техногенных отходов – отработанных стальных канатов и тросов подъёмно-транспортных машин и оборудования (ПТМО), утилизация которых является достаточно затратным процессом. При этом решается и такая важная задача, как переработка отходов промышленной сферы.

В современной промышленности существует много положительных примеров использования технологий переработки техногенного сырья с целью производства бетонов. В специальной литературе встречаются ссылки и по теме использования тросов/канатов ПТМО для производства фибры – [4, 5]. Однако, предлагаемые на сегодня технологии и оборудование для решения данного вопроса имеют один существенный недостаток – высокую энергоёмкость. Именно это обосновывает то, что фибра из переработанных тросов/канатов ПТМО практически не производится.

В настоящее время в ВКГТУ им. Д. Серикбаева (РК) в рамках комплексной НИР «Технология раздельного приготовления бетонов с использованием природного и техногенного сырья» разработан проект новой технологической линии по производству фибры для СФБ из тросов/канатов ПТМО. Нашей командой в ходе реализации проекта предложен ряд инновационных решений, позволяющих значительно снизить энергоёмкость и, как следствие, стоимость производства фибры.

Одно из основных решений касается способа разделения тросов на отдельные волокна (после резки тросов). Как показали исследования, именно этот процесс имеет наибольшую энергоёмкость во всей технологической цепочке. Ранее доказано [4, 5], что для разделения (раскручивания, расплетания) нарезанного стального троса наиболее рационально использовать двухвалковые дробилки с гладкими валками. Разделение троса здесь происходит за счёт раздавливания, в процессе чего и возникает эффект деления на отдельные проволоки.

В отличие от предыдущих исследований [3, 4, 5], где для полного разделения троса на отдельные проволоки предлагается использовать сдвоенные двухвалковые дробилки (что значительно увеличивает энергоёмкость процесса), в нашем проекте впервые предложено принципиально новое решение – использовать один ярус дробилки. При этом использу-

ется только один валок, а давление создаётся раздавливающей плитой, на которую оказывается дополнительное вибрационное воздействие. Данная идея запатентована командой проекта [7].

Для реализации и испытаний предложенного способа разделения тросов была разработана и изготовлена экспериментальная установка. При этом возникла необходимость определения следующих основных параметров её работы: амплитуды и частоты колебаний; ускорения движущихся элементов конструкции; мощности привода. Расчётные параметры экспериментальной установки определялись по схеме, приведённой на рис. 1.

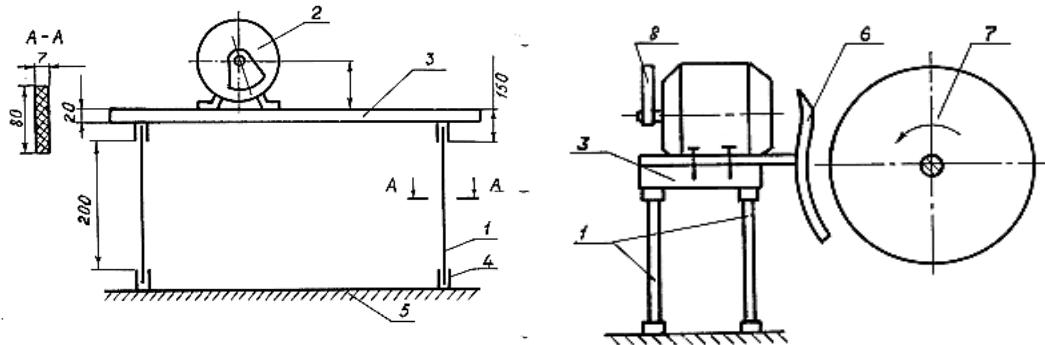


Рисунок 1 – Расчёчная схема установки для расплетения тросов (РСТ): 1 – упругая пластина (стеклопластик); 2 – электродвигатель; 3 – подвижная плита; 4 – опоры для упругих пластин; 5 – неподвижная рама; 6 – прижим (щека); 7 – барабан (валок); 8 – дебаланс

Установка (РСТ) работает следующим образом: дебаланс (8), закреплённый на валу электродвигателя (2), вызывает колебания подвижной платы (3); к подвижной плате (3) болтами крепится прижим (6); требуемая величина деформации расплетаемой пряди регулируется величиной зазора между прижимом (6) и вращающимся барабаном (7); одновременно вращение барабана обеспечивает перемещение пряди. Как видно из принятой схемы, определяющими факторами, обеспечивающими расплетение пряди являются величина зазора, амплитуда, частота колебаний прижима и частота вращения барабана.

Ограничения по габаритам (высота и длина выходного вала электродвигателя) потребовали рассмотрения существующих схем дебалансов [8]. В результате анализа данных схем для реализации была принята схема, приведённая на рис. 2.

На основании формальных алгоритмов [9, 10, 11] координату центра тяжести дебаланса y_d определим по формуле:

$$y_d = (F_{cez} (y_{cez} + (h - r_{cez})) + F_{mp} y_{mp} - F_{om8} h_2) / (F_{cez} + F_{mp} - F_{om8}), \text{ м}, \quad (1)$$

где F_i – площади отдельных частей фигуры (сег. – сегмента, тр. – трапеции, отв. – отверстия), м^2 ; y_i – координаты центров тяжести этих частей, м.

Вес дебаланса с учётом удельного веса материала γ определяем по формуле:

$$G_d = \gamma \cdot s \cdot (F_{mp} + F_{cez} - F_{om8}). \quad (2)$$

Величину возмущающей силы F_{pr} определяем по формуле:

$$F_{pr} = -m \cdot \omega^2 \cdot (y_d - h_2), \text{ Н}, \quad (3)$$

где m – масса тела, кг; ω – угловая скорость, рад/с; r_0 – расстояние от центра тяжести дебаланса до оси вращения, м.

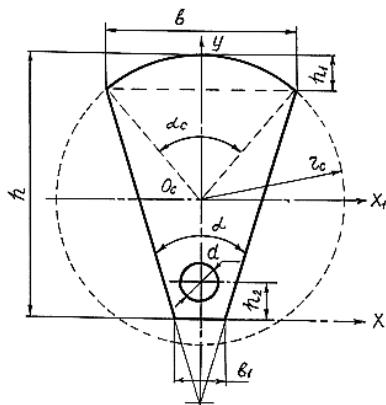


Рисунок 2 – Расчёчная схема и внешний вид дебаланса: h – высота дебаланса; h_1 – стрелка; h_2 – координата посадочного отверстия; b – длина хорды (или основания трапеции); α_{cer} – угол сегмента; r_{cer} – радиус сегмента; α – угол дебаланса; d – диаметр посадочного отверстия; s – толщина

Определение основных параметров дебаланса проведено с использованием Microsoft Excel (табл. 1). Приведённый расчёт применим как для проектировочных работ, так и для существующих дебалансов, линейные параметры которых можно измерить.

Таблица 1
Параметры дебалансов экспериментальной установки

Исходные параметры										
b	h_1	h	b_1	h_2	d	s	γ	n^*	ω	#**
113	31,9	87,4	19	10	25	10	7,87	997	104,4	1
								1491	156,1	
105,5	32,5	78,5	23,3	11				997	104,4	2
								1491	156,1	
Расчётные параметры										
r_{cer}	α_{cer}	F_{cer}	y_{cer}	F_{tp}	y_{tp}	F	y_d	$G_{расч}$	$G_{измер}$	F_{pr}, H
65,9	117,8	2549	47,2	3663	34,34	490,9	51,68	0,45	0,43	19,92
										44,54
59,06	126,6	2450	39,9	2962	27,89	490,9	45,25	0,387	0,35	13,32
										29,79

Примечания: * - частота вращения дебаланса, мин⁻¹;

** - номер дебаланса.

Размерность расчётных величин определялась по формулам:

$$G_{измер} = \frac{(F_{cer} + F_{tp} - F_{отв}) \cdot s \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-3}}{1000}, \text{ кг}; \quad F_{pr} = \frac{G_{измер} \cdot \omega^2 \cdot (y_d - h_2) \cdot 10^{-3}}{9,81}, H. \quad (4)$$

В соответствии с составленной программой расчёта изготовлены комплекты дебалансов для проведения экспериментальных работ (рис. 2).

Кинематическая схема экспериментальной установки РСТ приведена на рис. 3. Здесь вращение от электродвигателя (12) через редуктор (8) и клиноременную (5) приводит во вращение барабан (3), который осуществляет перемещение расплетаемой пряди. Упругие пластины (2) с закрепленной на них подвижной плитой (1) жестко прикреплены к основанию установки. Вибратор (13) осуществляет колебания подвижной плиты (1). Вал элект-

родвигателя закреплен в подшипниках опор (11), и от вращения статор электродвигателя удерживается пружинами (10). Таким образом, по величине сжатия пружин определяется крутящий момент электродвигателя. Сжатие пружины измеряется индикатором часового типа (8), закреплённом на электродвигателе. Внешний вид экспериментальной установки РСТ приведён на рис. 4.

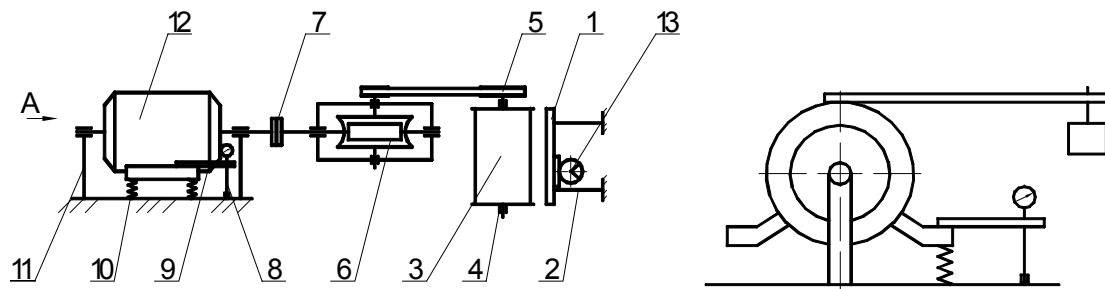


Рисунок 3 – Кинематическая схема экспериментальной установки РСТ: 1 – плита подвижная; 2 – упругие пластины; 3 – барабан; 4 – опоры; 5 – клиноременная передача; 6 – редуктор червячный; 7 – муфта; 8 – индикатор часового типа; 9 – пластина; 10 – пружина; 11 – опоры вала электродвигателя; 12 – электродвигатель; 13 – вибратор

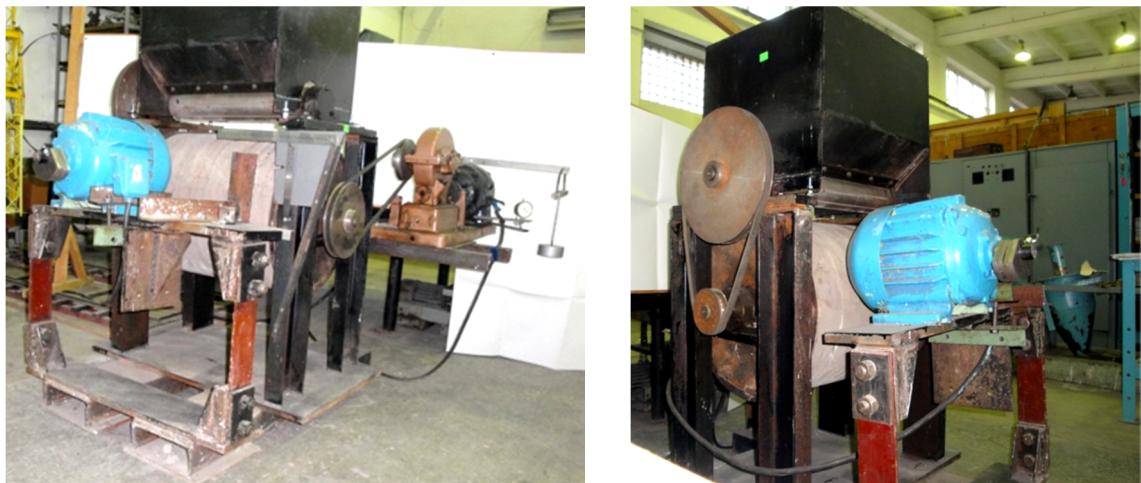


Рисунок 4 – Экспериментальная установка РСТ

На созданной опытной установке РСТ был проведён ряд экспериментов, которые полностью подтвердили её работоспособность. При этом использовался трос диаметром 19,5 мм (грузового назначения, из проволоки без покрытия, нераскручивающийся, не рихтованный, нормальной точности маркировочной группы - $1370 \text{ Н}/\text{мм}^2$); длина нарезки троса – 50, 70 и 100 мм. Основные технические параметры экспериментальной установки: диаметр барабана – 450 мм; частота вращения барабана - 36 мин^{-1} ; частота колебаний плиты - $997\dots1494 \text{ мин}^{-1}$; мощность электродвигателей - 2,3 кВт. В качестве покрытия поверхности барабана использован особый неметаллический материал (является ноу-хау команды проекта). В процессе экспериментов и доводки использовались следующие приборы: тахометр цифровой DT 2235B, виброметр цифровой РСЕВТ-27 и другие вспомога-

тельные средства измерения. Амплитуду колебаний подвижной плиты РСТ можно определить как величину прогиба консольно-закреплённой пластины, нагруженной возмущающей силой F_{pr} . Уравнение упругой линии будет представлено в следующем виде:

$$y_{расч} = \frac{F_{pr}}{2EJ_x} \left(\frac{z^3}{3} - \ell \cdot z^2 \right), \quad (5)$$

где $y_{расч}$ – прогиб, мм; z – координата точки отсчёта; E – модуль упругости ($0,55 \cdot 10^5$ МПа); J_x – осевой момент инерции (для расчётного случая 2287 мм^4); ℓ – длина консоли (450 мм).

Расчётные и замеренные значения (частичная выборка значений) амплитуды и ускорения в зависимости от массы дебалансов и частоты колебаний (возмущающей силы) приведены в табл. 2. Как видно из таблицы, расчётные и измеренные значения амплитуды достаточно близки, в пределах 1...6%.

Таблица 2
Расчётные и замеренные значения амплитуды

F_{pr}	ℓ	z	ω	$y_{расч}$	$y_{измер}$	дебаланс
13,32	475	400	104,4	0,295	0,306	#2
26,62				0,589	0,580	
39,92				0,884	0,860	
53,22				1,178	1,00	

В ходе экспериментов основной задачей было установить такой режим работы установки (амплитуда и частота колебаний подвижной плиты и частота вращения основного барабана), при котором обеспечивается полное расплетение нарезок троса за минимальное время. Полученные в ходе экспериментов результаты представлены на рис. 5.

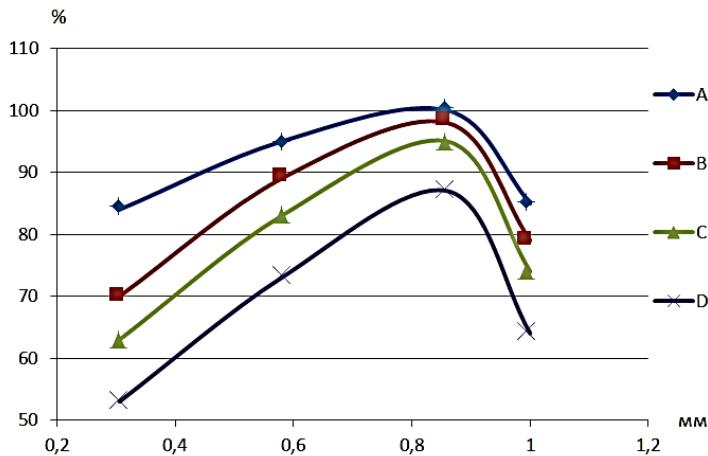


Рисунок 5 – Зависимость эффекта расплетения (E , %) от амплитуды (A, мм) и частоты вибровоздействия (n , об/мин) и частоты вращения основного барабана (N, об/мин): ряд A - $n=997$ об/мин, $N=36$ об/мин; ряд B - $n=1491$ об/мин, $N=36$ об/мин; ряд C - $n=997$ об/мин, $N=72$ об/мин; ряд D - $n=1491$ об/мин, $N=72$ об/мин

Эффект расплетения (E , %) оценивался в процентах по отношению суммарного количества проволок в тросе к количеству свободных (после расплетения) проволок (рис. 6).



Рисунок 6 – Внешний вид полученного на РСТ продукта (черновая фибра)

Из представленных графиков видно, что наиболее рациональный режим работы установки соответствует минимальным частотам вращения дебалансов и основного барабана – около 997 и 36 об/мин (соответственно). При этом эксперимент показал, что дальнейшее их снижение приводит к снижению производительности, то есть нерационально (на графике не приведено). Наиболее приемлемыми являются средние значения амплитуды колебаний виброплиты – порядка 0,6…1 мм. При этом одинаковый характер поведения графиков подтверждает адекватность полученных данных.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

- Предложены новый способ и конструкция устройства для разделения тросов/канатов на проволоки.
- Разработана, создана и апробирована полномасштабная экспериментальная установка по разделению тросов/канатов на проволоки для линии по производству фибры (для дальнейшего производства сталефибробетона).
- Проведены экспериментальные исследования и определён эффективный режим работы установки для разделению тросов/канатов.
- Предложенная установка полностью удовлетворяет технологическим потребностям по линии для производства фибры – разделение прядей на проволоки проводится полностью, за один цикл обработки. При этом энергопотребление по сравнению с аналогами снижено на 40…50%

Список литературы

1. Важенов Ю.М. Технология бетона. – М.: Изд-во «АСВ», 2002. – 500 с.
2. Chernavin V., Seraya N., Zatonov G., Bedenko Y. Perspectives of steel fiber concrete application with using of dispersed reinforcing from used ropes. Modern Challenges and Decisions of Globalization. International Conference. July 15, 2013. New York, USA. Part 2. Session: Kazakhstan. – ISBN 978-0-9856672-5-2 / USA, Bozeman. MT 59715, 2013. – P. 63-66.
3. Chernavin V., Seraya N. Worked-out ropes for disperse armouring of steel fiber reinforced concrete constructions. Science: Integrating Theory and Practice. Part 2. Materials of International Conference. February 23-24, 2014. ICET, Bozeman, MT, USA. 2014. – P. 141-147.
4. Guryanov G., Doudkin M., Vavilov A., Klimenko E. Use of man-made materials for the preparation concrete. Materials of International Scientific and Practical Conference – Green economy is the future of humanity. 24-25 of May. Part 5. – Ust-Kamenogorsk, 2014. – P. 144-148.

5. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции: моногр. - М.: Изд-во «АСВ», 2011. - 642 с.
6. Штарк И. Долговечность бетона / И. Штарк, Б. Вихт. - Киев: Оранта, 2004. - 295 с.
7. Устройство для расщепления стального троса на отдельные проволоки: инновационный патент РК № 31038. МПК B23D 31/02 / Дудкин М.В., Гурьянов Г.А., Вавилов А.В., Хон Н.В.; Опубл. 15.04.2016, Бюл. № 4.
8. Гончаревич И.Ф. Вибротехника в горном производстве. - М.: Недра, 1992. - 318 с.
9. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. - М.: Изд-во: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. - 512 с.
10. Голубев Ю.Ф. Основы теоретической механики. - М.: Изд-во МГУ, 2000. - 719 с.
11. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев; Отв. ред. Писаренко Г.С. - 2-е изд., перераб. и доп. - Киев: Наука и думка, 1988. - 736 с.

Получено 02.02.2017

УДК 621.879.06

В.А. Кунаев, Ж.Ж. Жунусбекова, А.М. Нурмагамбетов

Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда

**ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФРЕЗЕРНОГО РЫХЛИТЕЛЯ РФ-600
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРЗЛЫХ И ПРОЧНЫХ ГРУНТОВ**

Земляные работы являются одним из наиболее важных и трудоемких этапов при прокладке различных коммуникаций, дренажных труб, устройстве щелевых фундаментов, добыче мягких скальных пород, разрушении мерзлых, прочных грунтов и твердых асфальто- и цементобетонных покрытий.

Свойства грунтов, оказывающие влияние на характер взаимодействия с ними рабочих органов и ходовых устройств землеройно-транспортной техники, весьма разнообразны. Большую часть территории Казахстана занимают грунты сезонного промерзания и скальные породы. Вследствие климатических и географических особенностей страны весьма актуальной является проблема разрушения мерзлых и скальных грунтов, а также бетонов при строительстве сосредоточенных объектов, котлованов в стесненных городских условиях.

В настоящее время применяются следующие методы рыхления мерзлых грунтов: взрывные, механические, мелко- и крупноблочные.

Взрывной (щелевой либо шпуровой) метод используется при подготовке мерзлых грунтов к дальнейшей разработке экскаваторами. Данный метод применяется главным образом на незастроенных площадях. Он допустим и на застроенных участках, но с использованием укрытий и локализаторов взрыва. Если глубина рыхления не превышает 1,5 м, используются щелевой и шпуровый методы, а при большей глубине – щелевой и скважинный. Щели нарезаются на расстоянии от 0,9-1,2 м друг от друга при помощи баровых машин либо фрезерных щелерезов. Далее осуществляется заряжение щелей через одну сосредоточенными либо удлиненными зарядами. После этого их забивают сверху песком. При рыхлении мерзлого грунта данным методом участок предварительно разделяют на захватки. На первой захватке последовательно бурят, заряжают и взрывают шпуры. На второй захватке работы не выполняются по условиям безопасности, а на третьей ведется непосредственно разработка грунта. [1]

Метод механического рыхления мерзлых грунтов целесообразно применять при глубине промерзания от 0,4 до 1,5 м и разработке небольших по площади котлованов и

траншей. Этот метод предусматривает дробление или скол мерзлого слоя статическим либо динамическим воздействием специального рабочего органа, устанавливаемого на экскаваторе, тракторе или другой базовой машине. Динамическое воздействие обеспечивают за счет удара, вибрации или совместного их действия с применением шара- или клина-молота, дизель-молотов, клиновых тракторных рыхлителей и другого оборудования. Статическое воздействие обеспечивают за счет внедрения в грунт рабочего органа, который состоит из одного либо нескольких (до 5) зубьев при одновременном движении трактора (тягача). Для рыхления мерзлого грунта механическим способом при разработке котлованов используют навесные рыхлители, землеройно-фрезерные, а также баровые машины (для нарезки мерзлого грунта на блоки). При разработке траншей находят применение дисковые экскаваторы, фрезерные и баровые машины; при вертикальной планировке площадки - навесные рыхлители. При малой глубине промерзания грунта его рыхлят тракторными рыхлителями продольными проходками, а при повышенной прочности грунта - еще и диагональными проходками под углом 60°. Разрыхленный грунт перемещают бульдозером в торец котлована и экскаватором грузят в самосвалы. [1]

При большой глубине промерзания применяются мелко- и крупнообломочные методы, предусматривающие предварительное нарушение монолитности грунтов путем их нарезки на блоки (полосы) при помощи специальных машин, снабженных барами либо дисковыми пилами. Так, мелкоблочный метод разработки мерзлых грунтов используют при глубине промерзания в диапазоне от 0,6 до 1,4 м для отрывки траншей и котлованов небольших размеров. Суть метода заключается в разрезании мерзлого слоя на блоки размерами от 0,6×0,8 м до 1×1,1 м поперечными и продольными прорезями при помощи дискофрезной машины. Далее экскаватором с прямой лопатой выполняют погрузку мерзлых блоков и приступают к разработке талого грунта. [1]

При наличии вблизи места разработки котлована зданий, сооружений во избежание сотрясений грунта, возникающих в процессе ударного и виброударного рыхления, применяют крупноблочный метод. Мерзлый грунт нарезается на отдельные блоки массой от 4 до 10 т, которые затем удаляют из забоя бульдозерами, кранами либо электролебедками. Так, при использовании крана блок отрывают, а затем отодвигают от талого основания бульдозером. После этого блок грузят на самосвал при помощи клаццевого захвата. При проведении работ данным методом выемки разбивают на две захватки, на первой из которых нарезают блоки, а на второй их удаляют и подчищают основание. [1]

Анализ рассмотренных методов рыхления мерзлых грунтов показал, что в большинстве своем они требует привлечения целого комплекса строительных машин и оборудования, что не всегда экономически целесообразно, а иногда и вовсе невозможно.

Ярким примером этого являются буровзрывные технологии [2], недостатки которых общеизвестны. Прежде всего, это цикличность процесса, при котором большая часть времени уходит на операции бурения скважин, их заряжание, взрывание, проветривание и выполнение подготовительно-заключительных операций. На обеспечение данных процессов необходимы соответственно машины, операторы, а также заводы, склады и обслуживающий персонал для производства и хранения взрывчатых материалов, их транспортировки, охраны и т.д. Все это в совокупности ведет к потере производительности, повышению себестоимости работ, снижению прибыли предприятий. Кроме того, в рудниках, на карьерах, а также при строительстве котлованов, траншей, подземных сооружений процесс взрывания потенциально опасен и чреват тяжелыми последствиями. Применение буровзрывных работ также влечет за собой серьезные экологические проблемы. [3]

Перечисленные негативные последствия подтверждают актуальность проблемы разработки безопасных, более выгодных экономически и доступных к применению в усло-

виях Казахстана технологий и средств механизации для разрушения грунтов высокой прочности. Как показывает практический опыт, подтвержденный аналитическими исследованиями, наиболее эффективным методом рыхления мерзлых и прочных грунтов, а также бетонов при строительстве сосредоточенных объектов, котлованов в стесненных городских условиях является их разрушение фрезерными рабочими органами.

На предварительном этапе исследований авторами была разработана новая конструкция навесного оборудования фрезерного рыхлителя РФ-600 (рис. 1) на базе одноковшового экскаватора, рабочий орган которого позволяет разрабатывать грунты и породы высокой прочности (I-IV категорий по ГОСТ 17343-83).



Рисунок 1 – Полноразмерная действующая модель фрезерного рыхлителя РФ-600

Фрезерный рыхлитель, выполненный на базе гидравлического экскаватора ЭО-3322, ЭО-4121, ЭО-4321 (или другой модели 3 либо 4 размерной группы), может использоваться в промышленной отрасли, дорожном и гражданском строительстве, при отрывке котлованов, траншей, выемок разных конфигураций, формировании дорожных откосов и т.д. Гидравлический экскаватор, являющийся базовой машиной для установки навесного рабочего органа, снабжен подвижной стрелой и рукоятью, благодаря чему с помощью рыхлителя можно проводить землеройные работы в стесненных условиях, а также на труднодоступных участках. [4]

Рыхлитель фрезерный РФ-600 является сменным рабочим органом, который шарнирно монтируется на рукоять базового экскаватора (1) и состоит из двух соосно расположенных грунторазрушающих фрез (4), корпуса (5), кронштейна (2), ковша (3) и привода (рис. 2).

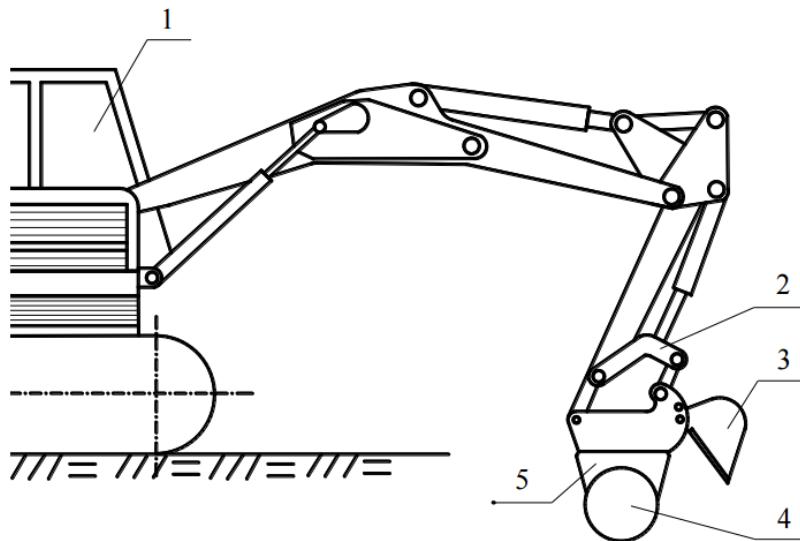


Рисунок 1 – Рыхлитель фрезерный: 1 – экскаватор; 2 – кронштейн; 3 – ковш; 4 – фреза; 5 – корпус

Грунторазрушающая фреза имеет цилиндрическую форму, причем ее торцевая часть переходит в сферическую. На поверхности фрез по винтовой линии с определенным коэффициентом перекрытия размещены державки со сменными режущими элементами, которые могут быть как радиального, так и тангенциального тока. Во избежание быстрого абразивного износа режущие элементы армированы твердосплавными напайками.

Базовым узлом фрезерного рыхлителя является его корпус, служащий одновременно масляной ванной для конической и планетарных передач. К фланцу корпуса болтами крепится кронштейн, который является соединительным элементом рабочего органа с рукоятью экскаватора.

Конструктивные параметры кронштейна удовлетворяют условию взаимозаменяемости сменного рабочего оборудования. К кронштейну крепится ковш, служащий для удаления разрыхленного грунта из призабойного пространства. Ковш имеет два положения относительно кронштейна: нейтральное и рабочее. Оба положения ковша относительно кронштейна фиксируются специальным пальцем. Передача крутящего момента грунто-разрушающим фрезам осуществляется через планетарный редуктор и коническую передачу от аксиально-поршневого гидромотора. [4]

Источником питания гидромотора служит маслостанция базовой машины – экскаватора. Напорная и сливная магистрали комплектуются из трубопроводов и дополняются рукавами высокого давления в местах шарнирного сочленения стрелы, рукояти и рабочего органа между собой.

Работа фрезерного рыхлителя предусматривает послойную разработку массива с дальнейшим удалением разрыхленного грунта из забоя ковшом (3). В процессе формирования дорожных откосов, при планировании поверхности под определенную отметку стрела и рукоять вытягиваются, перемещение фрезы осуществляется посредством поворотной части экскаватора. Внедрение рабочего органа в массив и поступательное перемещение его вдоль полосы рыхления осуществляется за счет напорного усилия гидроцилиндров стрелы и рукояти.

Основные технические характеристики фрезерного рыхлителя РФ-600 представлены в таблице [4].

Технические характеристики фрезерного рыхлителя РФ-600

Модель базового экскаватора	ЭО-3322, ЭО-4321, ЭО-4121
Глубина рыхления за один проход, м	0,2
Ширина полосы рыхления, м	1,1
Производительность, м ³ /ч	7,0
Марка гидромотора	210,25Б
Мощность гидромотора, кВт	36,9
Крутящий момент рабочего органа, Нм	6000
Диаметр фрезы (по резцам), м	0,68
Категория разрушаемого грунта по ГОСТ 17343 – 83	1-4
Габаритные размеры, м ширина	1,1
высота	1,2
Масса, кг	1000

Особенность предлагаемого оборудования заключается в наличии ковша для удаления разрыхленного грунта из призабойного пространства, что позволяет производить разработку и перемещение грунта без привлечения дополнительной техники [5]. Большой рабочий температурный диапазон (от -40 до +40 °C) позволяет использовать модель РФ-600 при разработке грунтов круглогодично в условиях резкоконтинентального климата, что актуально для Казахстана. Разработанный опытный образец фрезерного рабочего органа (РФ-600) успешно прошел испытания в мерзлых грунтах и на бетонных покрытиях.

Полученные в данной научно-исследовательской работе результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. Для большей части территории Казахстана актуальна проблема разрушения грунтов сезонного промерзания и скальных пород, а также бетонов при строительстве сосредоточенных объектов и ведении строительных работ в стесненных городских условиях.

2. Существующие методы рыхления мерзлых и прочных грунтов требуют привлечения большого количества спецтехники разного назначения, что не всегда экономически эффективно. Некоторые из используемых методов применимы лишь при строительстве линейных объектов, а отдельные потенциально опасны для человека и окружающей среды.

3. Выполненный авторами критический анализ существующих методов рыхления мерзлых и прочных грунтов показал, что наиболее эффективное применение для названных операций будет иметь фрезерный рабочий орган.

4. Предложена и обоснована оптимальная конструкция фрезерного рыхлителя РФ-600 на базе одноковшового гидравлического экскаватора.

Список литературы

1. Механизированная разработка грунта. Разработка грунта экскаватором в выемках, котлованах, траншеях и отвал или насыпь. Разработка и перемещение грунта бульдозерами и скреперами. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kf.osu.ru/old/otdel_do/bs/bs-01/doc/16-3.pdf
2. Иоффе Б.В. Создание траншей в условиях мёрзлых грунтов при строительстве трубопроводного транспорта в нефтегазовой промышленности / Б.В. Иоффе, В.А. Грабовец, Л.Г. Григорян и др. – Электронный научн. журн. «Нефтегазовое дело», 2012. – № 4.
3. Кадыров А.С. Фрезерный рыхлитель РФ-600 / А.С. Кадыров, Т.В. Гаах // Междунар. науч. журн. «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные, коммунальные машины и оборудование» / 60-летию Кадырова Адиля Суратовича, д.т.н., профессора кафедры «Строительно-дорожные машины» Карагандинского государственного технического университета. – Караганды: Болашак-Баспа, 2011. – 222 с.

4. Кадыров А.С. Разработка фрезерных рыхлителей. Актуальные проблемы современности / А.С. Кадыров, Б.К. Курмашева // Междунар. науч. журн. - № 9 (43). - Караганда: Болашак-Баспа, 2009.
5. Кадыров А.С. Основы нагружения фрезерных и бурильных машин / А.С. Кадыров, Р.А. Кабашев. - Караганда, 1999. - с. 30.

Получено 02.02.2017

УДК 631.331.022

С.О. Нукешев, К.Д. Есхожин, М.Х. Токушев

Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана

Н.Н. Романик

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ТРУБОПРОВОДЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ С ЦЕНТРАЛЬНЫМ ДОЗИРОВАНИЕМ**

В настоящее время тенденция развития посевных машин показывает, что наиболее производительны, экономически эффективны и перспективны посевные комплексы с централизованным дозированием семян и удобрений [1-3].

Одним из основных недостатков распределительных систем с централизованным дозированием семян и удобрений пневматических сеялок является недостаточная равномерность подачи семян в сошники. В результате испытаний зарубежных сеялок, применяемых на наших полях, установлено, что показатель неравномерности высева составляет 16...19% [4].

Главным элементом пневматической системы является распределитель семян и удобрений. На практике существуют два вида распределителей - это круглые и плоские (секторные) распределители. Наибольшее распространение получили круглые распределители. Недостатки круглых распределителей описаны А.М. Плаксиным [5].

При установке распределительных устройств на горизонтальных участках семяпровод для перераспределения сконцентрированных частиц равномерно по всему сечению трубопровода до их поступления в делительную головку возникает необходимость дополнительного воздействия на материал, то есть задание потоку аэросмеси определенного вида упорядоченного движения. В частности, это возможно осуществить, подвергнув двухкомпонентный поток закручиванию, т.е. сообщением дисперсной фазе потока винтового движения. Для этой цели в материалопровод, непосредственно перед длительной головкой, неподвижно устанавливается дополнительный конструктивный элемент – винт-распределитель, выполненный в виде винтовой спирали, навитой на стержень (рис. 1).

Винт-распределитель занимает все поперечное сечение материалопровода и включает трубопровод 1, неподвижно закрепленный стержень, на который навита винтовая спираль 2, распределительную головку, состоящую из корпуса 3, конической вставки 4 и отводов 5.

Поступивший на распределитель, поток закручивается и вследствие обретенного вращательного движения под воздействием центробежных сил инерции прижимается к внутренней стенке материалопровода, распределяется по ней ровным слоем, обретая при этом в поперечном сечении форму полого цилиндра при выходе материала из винт-распределителя. Сформированный таким образом поток поступает к отводам делительной головки.

Применение многозаходного винта-распределителя, витки которого имеют разные углы подъема винтовых линий и на выходе делят сечение на равные сектора, способствует механическому перераспределению материала, движущегося в нижней части горизонтального трубопровода, на равные части и в виде вращающегося кольца материала подает к отводам.

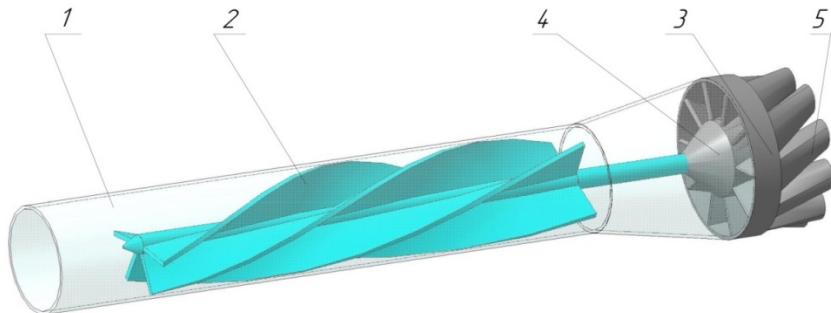


Рисунок 1 – Распределительное устройство

Для обоснования параметров распределителя рассмотрим движение удобрения по участкам материалопровода. Материалопровод можно условно разделить на три участка – I, II, III (рис. 2).

Теоретическое обоснование участков материалопровода I и II изложено в материалах [6].

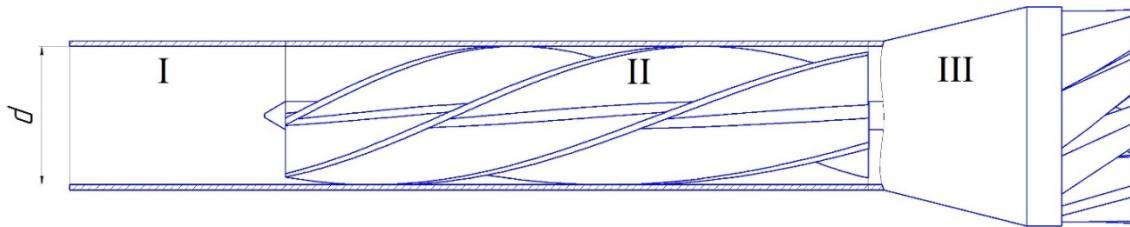


Рисунок 2 – Участки материалопровода

Рассмотрим III участок. На частицу действуют силы тяжести mg , аэродинамическая движущая сила $-P_B$, центробежная сила $F_U = \frac{mu^2}{R}$ (рис. 3).

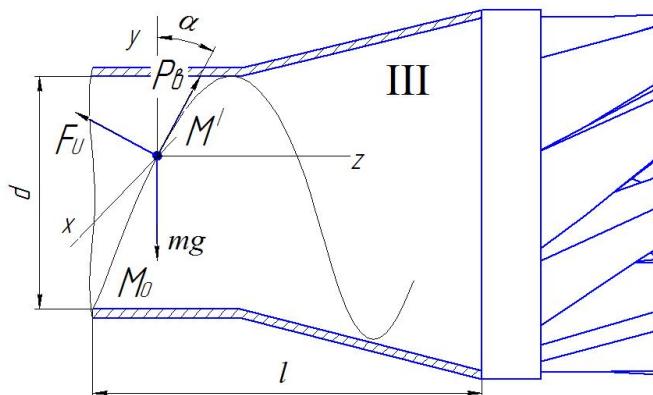


Рисунок 3 – III участок материалопровода

Величина аэродинамической силы определяется по известному выражению [7]:

$$P_e = mk_n(\vartheta - u)^2,$$

где k_n – коэффициент парусности; m – масса частицы; ϑ и u – средние скорости 2-х компонентов потока.

Система уравнений, характеризующих движение частицы на естественных осях x , y , z , запишется следующим образом:

$$\begin{cases} m \frac{du_x}{dt} = mk_n(\vartheta - u)^2 \cos \alpha - mg \cos \alpha, \\ m \frac{du_y}{dt} = mk_n(\vartheta - u)^2 \sin \alpha - mg, \\ m \frac{\vartheta^2}{\rho} = \frac{mu^2}{R} - mg \sin \alpha. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь предполагается, что k_n - величина постоянная, а скорость воздушного потока берется средней по сечению. Если силы сопротивления воздушного потока уравновешиваются силы тяжести частиц в вертикальной плоскости трубопровода, то ее скорость равна нулю, или частица будет двигаться с постоянной скоростью, т.е. $\frac{du_y}{dt} = 0$. Тогда, решая второе уравнение из системы (1), определяем коэффициент парусности k_n :

$$k_n = \frac{g}{\vartheta_n^2 \sin \alpha}. \quad (2)$$

Преобразуя первое уравнение системы (1) с учетом (2), получим дифференциальное уравнение движения частицы удобрения по III участку материалопровода:

$$\frac{du}{dt} = \frac{g}{\vartheta_n^2} [(\vartheta - u)^2 \operatorname{ctg} \alpha - \vartheta_n^2 \cos \alpha]. \quad (3)$$

Для определения длины материалопровода по участкам интерес представляет решение уравнения (3) в виде $u = u(l)$. Проводя замену переменной, будем иметь:

$$u \frac{du}{dl} = \frac{g}{\vartheta_n^2} [(\vartheta - u)^2 \operatorname{ctg} \alpha - \vartheta_n^2 \cos \alpha]. \quad (4)$$

Опустив порядок интегрирования уравнений (4), при начальных условиях по участку III $l_n = 0$, $u = u_2$, окончательно получим решение уравнения (4):

$$l = \frac{\vartheta_n \sin \alpha}{2g \cos^2 \alpha} \left[(\vartheta - \vartheta_n) \ln \frac{\vartheta - \vartheta_n}{\vartheta - \vartheta_n - u} - (\vartheta + \vartheta_n) \ln \frac{\vartheta + \vartheta_n}{\vartheta + \vartheta_n - u} \right]. \quad (5)$$

Полученная зависимость (5) позволит определить рациональную длину участка материалопровода.

Для проверки работоспособности предложенной винтовой спирали совместно с коническим участком III проведены экспериментальные исследования.

Результаты экспериментальных исследований по установлению влияния расстояния между распределителем и делительной головкой на качество распределения удобрения по отводам представлены графически на рис. 4.

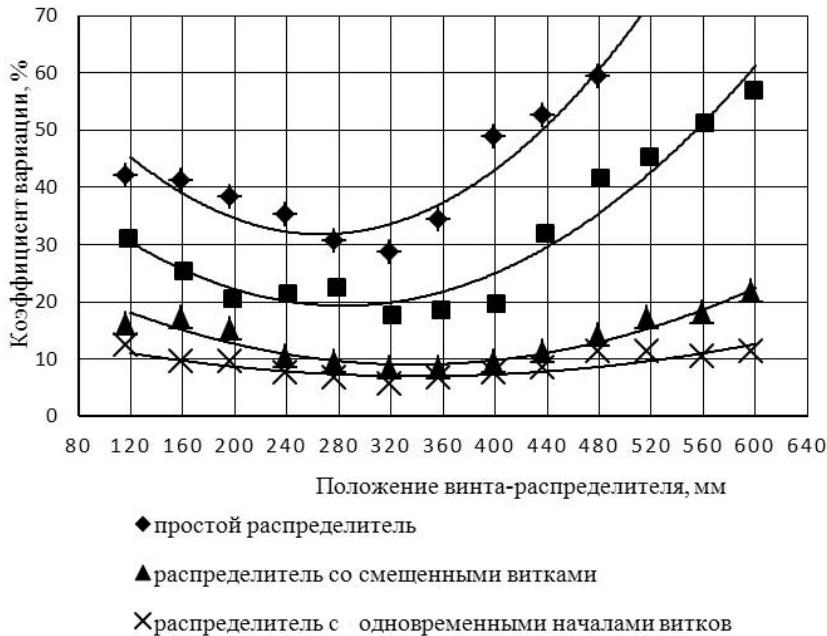


Рисунок 4 - Зависимости равномерности распределения материала от положения распределителя

В этих экспериментах участвовали 4 типа распределителя, отличающиеся конструктивными исполнениями:

– Простой распределитель – четырехзаходный обычновенный винт длиной 160 мм, наружный и внутренний диаметры которого равны соответственно 80 и 20 мм и с шагом 150 мм.

– Распределитель комбинированный – навстречу пневмопотоку последовательно установлены два винта: первый-двухзаходный, длиной 100 мм, наружный и внутренние диаметры 48 мм, 20 мм, шаг 150 мм, второй – четырехзаходный, конический (малый и большой диаметры 480 мм, 78 мм), шаг 150 мм, длиной 150 мм.

– Распределитель со смещенными витками - четырехзаходный винт длиной 220 мм, наружный и внутренний диаметры 80 и 20 мм, шаг 150 мм. Начиная со второго, каждый последующий виток начинается со смещением в продольном направлении таким образом, чтобы начало витков в поперечном сечении трубопровода занимало сектор окружности в 170°, расположенный симметрично вертикальной оси.

– Распределитель четырехзаходный с одновременными началами витков, где виток делит количество материала на равную пропорцию. Каждый виток выполнен с различным шагом, длина винта составляет 190 мм.

Расстояние между распределителем и делительной головкой изменялось в пределах от 120 до 600 мм с интервалом 40 мм. Частота вращения вентилятора (следовательно, и напор воздушного потока) постоянна и равна 53,33 рад/с.

В этих опытах критерием оценки качества распределения сыпучего материала по отводам служит коэффициент вариации - неравномерность распределения материала по отводам [8].

Из рис. 4 виден характер кривых, устанавливающих зависимость качества распределения по отводам от расстояния между распределителем и делительной головкой. В

далнейшем «расстояния между распределителем и делительной головкой» использовали коротко как «расстояние» для всех рассматриваемых типов конструкции распределителя.

В начале идет плавное, но неуклонное снижение коэффициента вариации, т.е. неравномерности распределения материала в сечении трубопровода. Так, при увеличении расстояния от 120 до 320 мм (2,6 раза), снижение неравномерности распределения материала составит: для простого распределителя - 1,6 раза (от 42,5 до 26,97%); для распределителя со смещенными витками - 1,8 раза (от 26,5 до 14,35%); для комбинированного распределителя - 1,78 раза (от 14,25 до 7,97%).

Важной особенностью рассматриваемых зависимостей является то, что все кривые по коэффициенту вариации достигают точку «минимума» при расстоянии 320 мм.

Дальнейшее увеличение расстояния приводит к неуклонному, резкому повышению коэффициента вариации, т.е. к снижению качества распределения материала по отводам. Отсюда можно заключить, что для всех рассматриваемых конструкции распределителей по качеству распределения материала оптимальным следует считать расстояние от распределителя до делительной головки 320 мм. Следует иметь виду, что при изменении напора воздушного потока, т.е. частоты вращения вентилятора, оптимальное расстояние также изменится. При повышении напора оно также увеличится.

Сравнительно высокие коэффициенты вариации в начале можно объяснить тем, что при малых расстояниях материал не успевает получить устойчивое закручивание и уже встречается с делительной головкой. В результате - неравномерное распределение по отводам. После оптимальной точки (320 мм) при больших расстояниях из-за снижения напора материал, не достигая делительной головки, начинает терять кинетическую энергию и скапливаться в нижнем секторе трубопровода. В результате резко повышается неравномерность распределения.

Несмотря на то, что все конструкции распределителей дают лучшие результаты по распределению материала на расстояние 320 мм, количественные показатели в этой «лучшей» точке различны. Так, коэффициенты вариации на оптимальном расстоянии составляют: для простого распределителя - 26,97%, для распределителя со смещенными витками - 14,79% (в 1,825 раза лучше предыдущего), для комбинированного распределителя - 7,97% (в 3,38 и 1,85 раза лучше предыдущих).

Лучшие результаты простого распределителя по коэффициенту вариации в пределах 27–30% достигаются на расстояниях 280–345 мм. Наилучшие результаты распределителя со смещенными витками в пределах 14,79–20% достигаются на расстояниях 240–390 мм. Низкую неравномерность в пределах 7,97–12,5% комбинированный распределитель достигает на расстояниях 200–440 мм. Лучшие результаты распределителя с одновременными началами витков в пределах 6,65–11,8% достигаются на расстояниях 160–540 мм.

Как видно, наилучшее качество распределения материала по рукавам обеспечивает четырехзаходный распределитель с одновременным началом витков, причем он менее чувствителен на расстояние от него до делительной головки. Так, диапазон оптимальных расстояний для простого распределителя составляет 65 мм, для распределителя со смещенными витками - 150 мм, для комбинированного распределителя - 220 мм, а для распределителя с одновременным началом витков - 380 мм.

Можно сделать следующее заключение. Предложенный способ установки на пути потока четырехзаходной винтовой спирали с одновременным смещением начала витков сообщает первому вращательное движение, которое способствует распределению частиц ровным слоем по внутренней стенке материалопровода. С помощью полученной теоретической зависимости скорости частиц от конструктивных параметров распределителя можно определить предельные их значения. Анализ графической зависимости позволяет

выбрать из рассматриваемых вариантов распределитель с одновременным началом витков. Это можно объяснить тем, что материал,двигающийся в основном в нижнем части трубопровода, лучше распределяется между витками такого распределителя. В результате показатель оценки качества распределения материала по отводам стал стабильным и устойчивым.

Список литературы

1. Любушко Н.И. Зерновые сеялки на рубеже ХХI века / Н.И. Любушко, В.Н. Зволинский // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2001. – № 2. – 4-7 с.
2. Зволинский В.Н. Использование отечественного опыта при создании посевной техники / В.Н. Зволинский, Н.И. Любушко// Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1998. – № 11. – 22-24 с.
3. Шевырёв Л.Ю. Совершенствование процесса дозирования семян зерновых культур сеялкой с централизованным высевом: Дис. ... канд. техн. наук / Л.Ю. Шевырёв. – Зерноград, 2004. – 14 с.
4. Протоколы испытаний на Целинной МИС канадских сеялок «Moris-620» (протокол МИС № 30-72-85) и фирмы «Fiexi-Coil» (отчет Целинной МИС № 30-76-90).
5. Плаксин А.М. Определение рациональных параметров отражателя пневматической зерновой сеялки / А.М. Плаксин, М.В. Пятаев // Вестник Алтайского гос. аграрного ун-та. – 2010. – № 7. – 74-77 с.
6. S.O. Nukeshev, K.D. Eskhozhin, M.H. Tokushevand Z.M. Zhazykbayeva. Substantiation of the Parameters of the Central Distributor for Mineral Fertilizers /International journal of environmental & science education 2016, VOL. 11, NO. 15.
7. Зуев Ф.Г. Пневматическое транспортирование на зерноперерабатывающих предприятиях. – М.: Колос, 1976. – 344 с.
8. Румшинский Л.З. Математические обработки результатов эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 192 с.

Получено 15.01.2016

УДК 621.317.44, 53.089.6

З.Б. Ракишева, А. Махамедкали, Н.С. Досжан, Ж.Т. Лязат

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы

К.К. Толубаева

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

С.Б. Касым

Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ

Для управления угловым движением небольших спутников обычно используется магнитная система ориентации. Размеры токовых катушек для такой системы управления ограничены не только геометрическими размерами самого спутника, но также его энергетикой. Катушки создают магнитное поле за счет тока, пропускаемого через их обмотку. Магнитное поле каждой катушки взаимодействует с магнитным полем Земли и создает, таким образом, управляющий механический момент. Для управления по всем трем осям катушки помещаются во взаимно перпендикулярных плоскостях. В качестве примеров магнитной системы управления на токовых катушках приведем следующие спутники с кратким описанием параметров катушек.

1. AUSTRALIS – 1 [1] - спутник, разработанный Australian Space Research Institute, относится к классу микроспутников. Выведен на орбиту в 1996 году. Общая масса порядка 50 кг. Спутник имеет форму куба с ребром около 0,36 м. Катушки расположены на всех шести гранях спутника. Параметры для расчета катушек следующие: напряжение - $V=14$ В, удельное сопротивление провода - $r=0,2893$ Ом·м, напряжение поля на экваторе - $B=20\ 000$ нТ. Расчетное значение создаваемого дипольного момента равно $4,35\ A\text{m}^2$.

2. Спутник UoSat - 2 [2] выведен на орбиту в 1984 году. Активное управление осуществлялось с помощью токовых катушек. Размеры корпуса спутника - $0,36\times0,36\times0,59\ m^3$, масса 61 кг. На спутнике было установлено шесть токовых катушек, четыре из них попарно расположены на противоположных боковых гранях. Каждая из них имела 100 витков провода 30AWG, размер катушки – $0,54\times0,34\ m^2$ и сопротивление - 50 Ом, ток - 0,14 А или 0,56 А в зависимости от способа коммутации. Оставшиеся две катушки имели по 200 витков, сопротивление по 200 Ом, размер - $0,34\times0,34\ m^2$. Ток через катушку – 0,18 А.

3. HokieSat [3] – разработка студентов из Virginia Tech. Имеет форму правильной шестиугольной призмы с большим диаметром (сечения) 0,5 м и высотой 0,3 м. Одна катушка в форме шестиугольника установлена на верхнем основании призмы. Количество витков намотки равняется 80, внутренний диаметр равен 0,145 м. На смежных сторонах перпендикулярно друг другу установлены еще 2 катушки по 133 витка каждая. Эти катушки имеют размеры $0,18\times0,23\ m^2$. Приложенном напряжении в 3,3 В (мощность 0,75 Вт) каждая катушка вырабатывает дипольный момент до $0,9\ A\text{m}^2$. Общий вес катушек составляет 0,57 кг.

4. DTUsat [4, 5] – первый спутник из серии CubeSat, разработан в Technical University of Denmark. В соответствии с концепцией CubeSat спутник имеет размеры $0,1\times0,1\times0,1\ m^3$ и его масса не должна превышать 1 кг. Спутник был запущен в 2003 г. В качестве магнитной системы управления используются три катушки, расположенные на боковых сторонах каркаса. Диаметр каждой катушки равен 0,07 м. Количество витков в каждой катушке равно 475. Вес одной катушки равен 0,012 кг. Максимальный дипольный момент, создаваемый одной катушкой, равен $0,035\ A\text{m}^2$.

С целью проверки работоспособности всех систем спутника, а также для достижения максимальной эффективности их работы на орбите необходимо проведение серии наземных экспериментов. Для отработки алгоритмов управления спутником с магнитной системой ориентации можно использовать стенд, содержащий имитатор геомагнитного поля земли. В лабораторных условиях создается магнитное поле, в которое помещается макет спутника, подвешенный вблизи центра масс. Для тестирования алгоритмов управления спутников предлагается система управления с помощью токовых катушек. Прежде чем помещать катушки на макет спутника, нужно рассчитать параметры по массе и энергопотреблению и откалибровать, что необходимо для нормальной работы стенда. Первая задача, которая стоит перед нами, это выбор типа катушки. Катушки могут быть плоские или вытянутые в зависимости от соотношения между диаметром и длиной, с сердечником или без него. Выбрав тип катушки, можно рассчитывать остальные параметры, такие как количество витков, диаметр проволоки обмотки и так далее.

В работе предлагается общий теоретический материал по расчету токовых катушек, также приведены примеры расчетов реальных катушек, используемых на макете спутника. Основной целью работы является расчет параметров катушек - количество витков, потребляемая мощность, масса катушки, а также оптимизация данных величин под конкретно поставленные ограничения по массе и энергопотреблению.

Расчет параметров электромагнитного исполнительного органа.

В настоящем разделе проведем расчеты катушки непосредственно для макета спутника.

Исходные данные:

- максимальное напряжение источника – 7,4В;
- требуемый момент - порядка 1 Ам²;
- общая масса трех катушек - не более 0,3 - 0,36 кг;
- длина ребра макета спутника – 0,1 м.

Характеристики меди:

$\tilde{\rho} = 8,9 \cdot 10^3$ [кг/м³] – плотность меди,

$\rho = 0,0175 \cdot 10^{-6}$ [ом · м] – удельное сопротивление меди.

Из формул и получаем:

$$\rho\tilde{\rho} = 0,16 \cdot 10^{-3} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} m = 5,8 \cdot 10^{-4} \frac{N}{U} \\ W = 20 \frac{U}{N} \\ S_r = \frac{4\rho m_m}{U_1} = 1,5 \cdot 10^{-7} \frac{1}{U} \\ \left\{ \begin{array}{l} m = 5,8 \cdot 10^{-4} \frac{N}{U} \leq 0,06 \text{ кг} \\ W = 20 \frac{U}{N} \leq 0,3 \text{ Вт.} \end{array} \right. \end{array} \right\} \quad (3.1)$$

Далее, получим следующие ограничения на количество витков катушки: N=630-700.

Откуда при заданном значении максимального напряжения следуют N=650. Получили совместное условие на количество витков. Выбор количества витков зависит от того, какую величину нам желательнее уменьшить - массу или энергопотребление.

Таким образом, мы приходим к следующим выводам:

- материалом катушки следует брать медь;
- удельная масса меди - $8,9 \cdot 10^3$ [кг/м³];
- удельное сопротивление - $1,75 \cdot 10^{-8}$ [Ом·м];
- масса провода - 0,038331 [кг];
- объем провода - $4,3069 \cdot 10^{-6}$ [м³];
- площадь поперечного сечения провода - 0,010442 [мм²];
- диаметр провода - 0,15 [мм];
- длина провода - 265,3 [м];
- число витков - 650;
- сопротивление провода - 520 [Ом];
- ток в катушке - 0,014 [А];
- диаметр витка - 0,4082 [м];
- напряжение на катушке равно 7,4 [В];
- магнитная проницаемость эбонита - 1,000014.

Уменьшать количество витков за счет уменьшения дипольного момента нельзя, так как при этом уменьшится и площадь сечения обмотки. Посмотрим, как изменятся результаты, если бы диаметр проволоки был равен d=0,3мм, тогда площадь поперечного сечения будет равна S=0,071. Ранее было показано, что значение дипольного момента около 0,1 Ам². Площадь сечения проволоки: $S_r = 4\rho m_m / U_1$. Считая, что диаметр катушки l=0,4 м, найдем момент, который можем получить на такой системе: $m_m = 0,1 \text{ Ам}^2$.

В качестве материала для каркаса катушек используется эбонит (его плотность - 1150-1680 кг/м³). Это позволяет уложиться в нужную массу и размеры спутника, а также увеличивает магнитный поток за счет парамагнитных свойств вещества (магнитная про-

ниаемость эбонита - 1,000014). Каркас выточен из пластины толщиной 10 мм, а ширина обмотки составляет 6 мм. Внутренний диаметр каркаса равен 0,065 м, отступы на «щечки» - 5 мм. Отход от планируемого значения 0,065 м возник из-за необходимости укладывать проволоку в ограниченный размер по высоте катушки. Общая масса такой конструкции каркаса и обмотки по расчетам будет достигать величины порядка 0,07-0,08 кг (рис. 1.)



Рисунок 1

Диаметр проволоки, используемой для намотки катушек, равен 0,1 мм. Сопротивление всей катушки - 520 Ом. Дипольный момент от каждой катушки равен $0,6 \text{ Ам}^2$, количество витков равно 650.

Отдельная катушка и расположение одной из катушек на макете спутника показаны на рис. 1 и 2 соответственно.



Рисунок 2 - Макет спутника с установленной катушкой

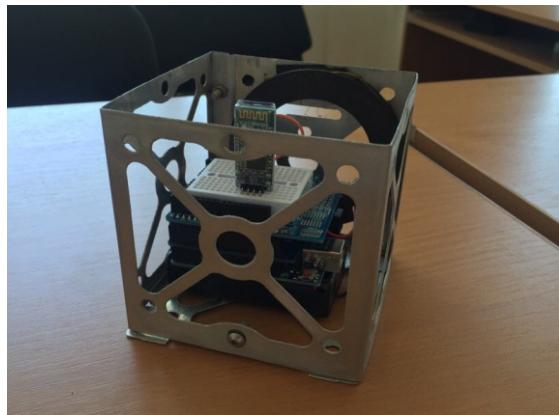


Рисунок 3 - Макет наноспутника с установленным электромагнитным исполнительным органом

В работе приведены примеры различных параметров магнитных катушек и установлены зависимости между ними. Проведены расчеты катушек для макета спутника. Итог расчетов:

- Для намотки катушек выбрана проволока диаметром 0,15 мм.
- Внутренний диаметр катушки – 65 мм без учета многослойности, намотка слоев и учет изоляции дает еще около 3-7 мм. Тем самым, края каркаса выступают на 4 мм с каждой стороны.
- Высота катушки зависит от количества намотанных слоев, но не может превышать 10 мм за счет ограничений со стороны каркаса и составляет 6 мм.
- Количество витков - не менее 650.
- Масса обмотки для каждой катушки будет в таком случае около 0,025 кг. Суммарная масса одной катушки – 0,084 кг.
- Создаваемый катушкой дипольный момент – $0,9 \text{ Aм}^2$.
- Длина проволоки для обмотки одной катушки - не более 265,3 м. На намотку всех трех катушек затрачено около 796 м проволоки.
- Расчетное сопротивление каждой катушки - 520 Ом.
- Измеренное сопротивление катушек - около 530 Ом.
- Магнитная проницаемость эбонита - 1,000014.

Список литературы

1. www.asri.org.au/ASRI/research/satellite/australis/19acs.doc.
2. Ovchinnikov M.Yu., Small Satellites in Russia and in the World: Current State, Journal for Space Communications, 1995, V.13, N 1, pp. 45-50.
3. www.aoe.vt.edu/~cdhall/papers/aas01-311.pdf.
4. microsat.sm.bmstu.ru/e-library/Algorithms/CommonDesign/dtu_torsten.pdf.
5. <http://www.dtuusat.dtu.dk>.
6. www.acfr.usyd.edu.au/projects/development/aerospace/CASSat/AD&C/.
7. www.particle.kth.se/~fmi/hugin/publ/HUGIN11.html.
8. Овчинников М.Ю. Проектирование имитатора геомагнитного поля в составе лабораторного стенда для отработки способов управления ориентацией микроспутников / М.Ю. Овчинников, Е.А. Цветков. - Препринт ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. - № 55. - Москва, 2005.
9. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Электричество. - М.: Физматлит МФТИ, 2002. - Т. 3.
10. Калашников С.Г. Электричество. - Наука, 1970.
11. Коваленко А.П. Магнитные системы управления космическими летательными аппаратами. - М.: Машиностроение, 1975.

Получено 02.02.2017

УДК 504.062.2 (574.42)

Г.К. Садыкова, Д. Ерболатулы, И.А. Очередько

Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова,
г. Усть-Каменогорск

**ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОБИЛЬНОГО АВТОНОМНОГО ДОМА
В ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ВОСТОЧНОГО КАЗАХСТАНА**

Сегодня применение систем автономного энергоснабжения в мобильном домостроении не является новшеством. На мировом рынке представлены разные виды мобильных автономных домов, к примеру мобильный дом КИБОР контейнер, Экокапсула (Ecoscapsule) – мобильный энергонезависимый экодом, автономное мини-жилище в форме яйца от компании NiceArchitects, мобильные дома-трансформеры компании Dahir Insaat и т.п. В работах [1-5] рассмотрены разновидности и классификация мобильных жилищ, а также выявлены особенности проектирования и возведения мобильного жилья. В статье [6] приводятся примеры энергоэффективных домов с применением ВИЭ.

Согласно проведенному обзорному исследованию, показанному в работе [7], выявлена возможность комплектации мобильного дома светодиодным освещением, солнечными батареями, ветрогенератором, а также биогазовым котлом. Отличительным преимуществом мобильного дома можно назвать высокую энергоэффективность, получаемую путем внедрения в систему альтернативных источников энергии элементов «умного» управления.

Наша задача состоит в проектировании мобильного «умного» дома с автономным энергоснабжением, подходящего для природно-климатических условий Восточного Казахстана. Климат Восточного Казахстана резко континентальный с большими сезонными и суточными перепадами температур. Минимальные температуры января, по данным г. Усть-Каменогорска, колеблются от -27°C до -33°C [8]. Количество пасмурных дней в году - 180 [9]. Продолжительность светового дня в течение года - 9-14 часов [10]. Показатели солнечной радиации на горизонтальную поверхность по ВКО [11] приведены в таблице.

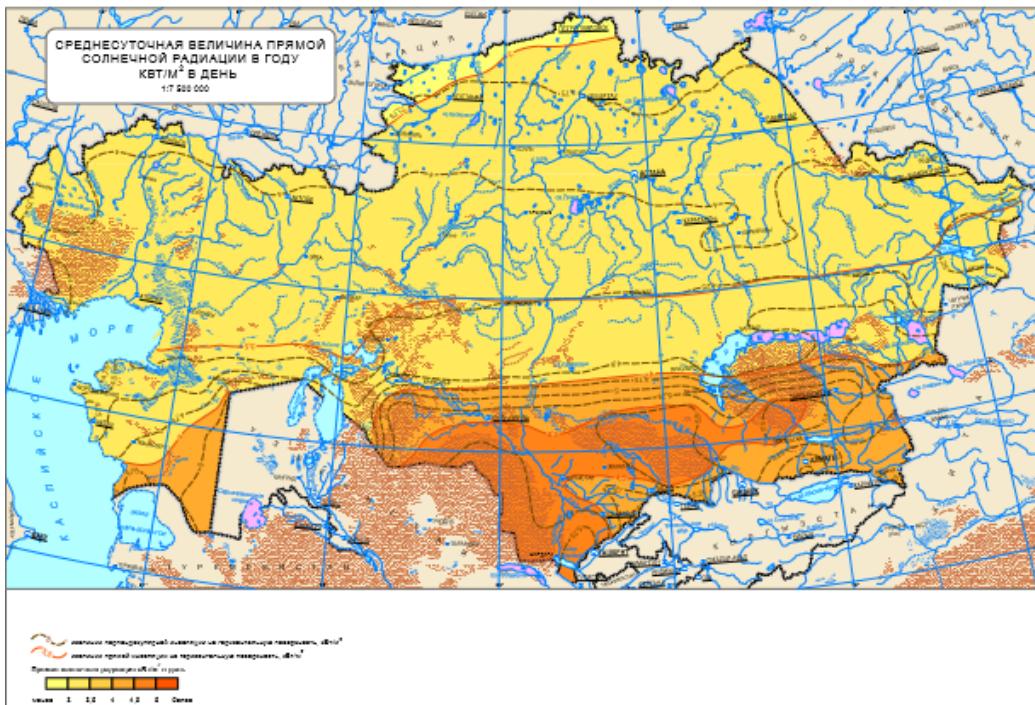
*Суммарная (прямая и рассеянная) солнечная радиация на горизонтальную поверхность
при действительных условиях облачности, МДж/м²*

	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Восточный Казахстан	142	230	418	536	687	716	702	582	436	245	143	107

В климатических условиях Восточного Казахстана наибольшее распространение могут получить дома в форме юрты, так как отапливаемая площадь значительно меньше, а прочность выше, чем у дома прямоугольной формы. Преимуществом такой формы дома являются минимальные теплопотери, что очень важно для нашего региона.

Кроме того, возможность эксплуатации подобных домов обуславливается наличием ветрового и солнечного потенциала Восточного Казахстана. Так, среднесуточная величина прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность составляет примерно

3-3,5 кВт/м²/сут. (рис. 1) [12], ветровой потенциал мощности составляет 8400 МВт, средняя скорость ветра 6 м/с, местами 7-8 м/с, ветровой потенциал электроэнергии – 22100 ГВт [9].



*Интернет-ресурс <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>

Рисунок 1 – Среднесуточная величина прямой солнечной радиации
в году кВт/м² в день

По проведенным нами расчетам мобильный дом с площадью 32 м², запроектированный по максимальным требованиям энергоэффективности, в среднем в день потребляет 1,3-1,8 кВт электроэнергии на работу электробытовых приборов и 3,66 кВт тепловой энергии на отопление. В зимнее время года при наружной температуре -35 °С максимальная потребность мобильного дома в энергии составляет около 5 кВт.

Мобильный дом с общей площадью 32 м², из них жилой площади 16 м², основой дома является металлический складной каркас. Стены и крыша сделаны из сэндвич-панелей с утеплителем (рис. 2). При этом форма крыши будет в виде зонта, а стены в виде цилиндра. В качестве утеплителя используется натуральная минерально-базальтная вата. Выбор сэндвич-панелей в качестве основного материала сборки мобильного дома обусловлен высоким теплоизоляционным свойством сэндвич-панелей, панель с толщиной 17,4 см заменяет 2,5 метра кирпича, сборка производится очень быстро и просто, легко транспортируется. Материал полов предлагаем изготовить из древесно-полимерного композита, выпускаемого ТОО KazWoodGroup (г. Усть-Каменогорск) из отходов древесины с добавлением полиэтилена и ряда добавок. Этот материал, не подвергающийся гнили, нами модифицирован и исследован [13]. Модификация состава материалов дала не только улучшение качества против горючести материала, но и улучшение таких свойств как плотность, прочность и водопоглощение.

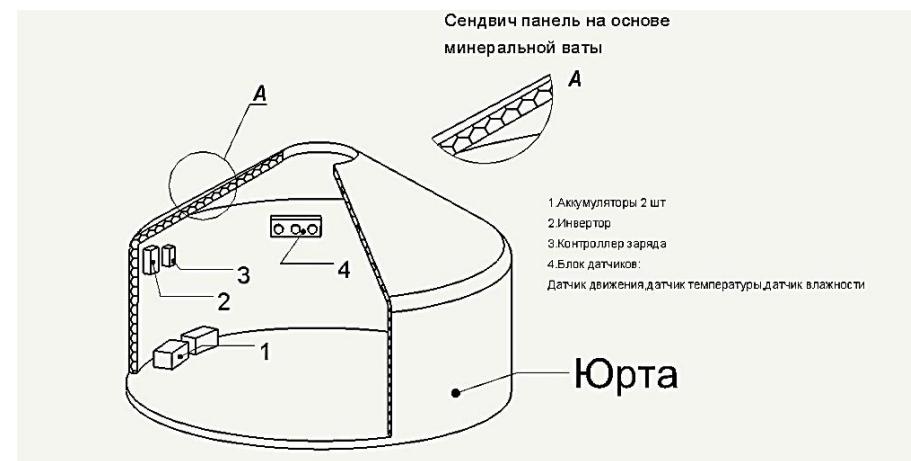


Рисунок 2 – Схема размещения электрооборудования и датчиков «умной» системы

При этом система автономного электроснабжения мобильного дома, компоновка конструктивных элементов солнечных и ветровых установок отвечает требованиям мобильности. При эксплуатации электрические устройства системы электроснабжения размещаются максимально близко друг к другу внутри помещения при температуре 5-20 °C, при транспортировке для удобства перемещаются в одном контейнере.

Система солнечного автономного электроснабжения включает в себя: солнечные поликристаллические панели, солнечные коллекторы, контроллер заряда 50 А, инвертор и аккумуляторы напряжением 24 В. Солнечные панели и коллекторы устанавливаются на земле на опорной раме с ориентацией на юг под углом (для Усть-Каменогорска) в зимнее время года 49°+15°, а в летнее – 49°-15°. Энергия, вырабатываемая солнечными коллекторами, обеспечивает помещение отоплением и горячей водой. Также основным элементом системы электроснабжения мобильного дома является ветрогенератор вертикального типа с усилителем ветра, разработанный в работе [14]. Преимуществом является возможность работы ветрогенератора при малых скоростях ветра (при средней скорости ветра 4 м/с и выше), что немаловажно для нашего региона. Мощность при скорости ветра в 4 м/с 383 Вт, что позволяет обеспечить бесперебойным электропитанием даже в безветренные дни.

Исходя из формулы (1) статьи [15], выработка энергии фотоэлектрической панели отечественного производства с мощностью 310 Вт равна 0,4 кВт/м² в день в зимнее время. Таким образом, в зимнее время для обеспечения электроэнергией мобильного дома необходимо установить 2 поликристаллических панели (4 м²) с установленной мощностью 310 Вт и 1 ветрогенератор мощностью 400 Вт. А в самые холодные дни Восточного Казахстана для обеспечения проектируемого мобильного жилья тепловой энергией потребуется установить солнечные вакуумные коллекторы площадью 3,5-4 м².

Дополнительно к солнечной и ветровой энергетической системе можно использовать небольшой котел на биогазе. В качестве сырья в данном случае применяются пищевые отходы и навоз влажностью менее 55%.

В доме используются светодиодные осветители (рис. 3). Основным преимуществом светодиодных ламп является энергоэффективность, т.е. потребляемая от сети мощность будет в 7-10 раз ниже, чем в случае использования обычной лампы накаливания. Для внутреннего [16] и наружного [17] освещения будут применяться светодиодные лампы, разработанные сотрудниками ВКГУ им. С. Аманжолова (рис. 3).

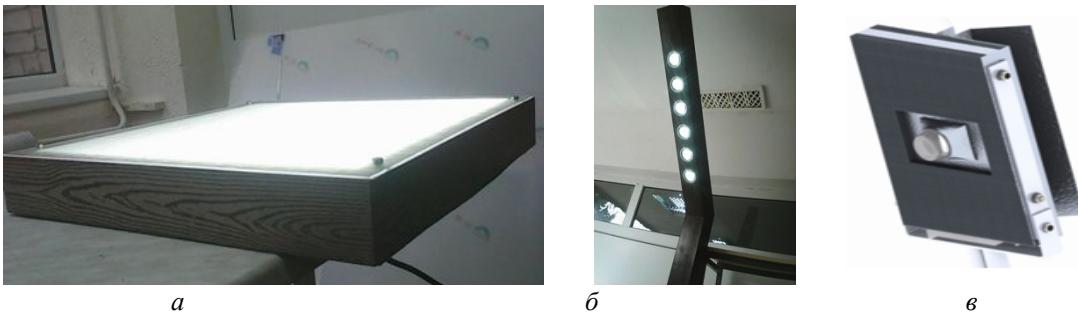


Рисунок 3 – Светодиодные лампы производства ВКГУ им. С. Аманжолова:
а - внутренняя потолочная лампа; б – уличный фонарь; в - уличный осветитель

Описание работы приведенной выше системы:

1. Выработка электроэнергии солнечными панелями и ветрогенератором.
2. Выработка тепловой энергии солнечными вакуумными коллекторами.
3. Аккумулирование электроэнергии в гелиевых аккумуляторах.
4. Преобразование электроэнергии. Электричество из аккумуляторной станции поступает в инвертор, где постоянный ток преобразуется в переменный (220 В/50 Гц).
5. Программируемый контроллер управляет работой датчиков.

Выбор оптимального варианта элементов системы автономного электроснабжения из представленных на рынке устройств осуществляется на основании сравнительного анализа характеристик и показателей проектируемой системы. При комплектации автономной системы электроснабжения учитываются технические параметры системы и экономические факторы.

Итак, основные критерии при выборе электроустановок системы: требуемая мощность системы – 5 кВт·ч; напряжение постоянного тока – 24 В; напряжение переменного тока – 220 В; пиковая мощность подключаемой нагрузки – 1600 Вт; небольшой вес и площадь системы.

Для проектируемой системы электроснабжения следует применить электроустановки с КПД не менее 92%. Для выбора аккумулятора необходимо сделать следующие расчеты:

$$C=3000/24 \times 1,2 = 150 \text{ А}\cdot\text{ч}, \quad (1)$$

где 3000 - общее потребление электроэнергии, 24 – напряжение, 1,2 - потери в инверторе (20%).

Согласно расчетам по формуле (1) для нашей системы необходимо 2 аккумулятора с емкостью 200 А·ч, при этом номинальное напряжение в соответствии с напряжением инвертора должна быть 24 В. При необходимости можно установить в доме сухие туалеты, а также переносной душ (потребляемая мощность 45 Вт).

В целях предотвращения нерационального использования энергоресурсов в доме используется «умная» (интеллектуальная) система управления. Интеллектуальная система представляет собой управление освещением, обнаружение и диагностику неисправностей, которые осуществляются с помощью датчиков температуры, света, влажности и обнаружения движения. При использовании «умной» системы уменьшаются эксплуатационные расходы, повышается эффективность использования энергии. В отличие от конструктивных мер, автоматизация – менее трудоемкое и более дешевое средство улучшения энергоэффективности. Умный дом вполне доступен по стоимости и может решать многие проблемы населения. Алгоритм работы систем домашней автоматизации можно модернизировать в соответствии с постепенно появляющимися изменениями.

По результатам исследований можно сделать вывод, что грамотно спроектированная комплексная солнечно-ветровая система вполне может обеспечить мобильный дом электрической и тепловой энергией для комфортного проживания в природно-климатических условиях Восточного Казахстана.

Список литературы

1. Погонин А.О. Особенности проектирования солнечных домов на примере международного конкурса SolarDecathlon-2009.
2. Мироненко В.П. Мобильное жилье как функционально-типологическая разновидность индустрии современного домостроения / В.П. Мироненко, Т.А. Цымбалова // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. - 2015. - № 9 (210). - 55-70 с.
3. Пат. № 2460863. Мобильный солнечный дом / С.В. Ильвицкая, С.А. Лашин, И.Г. Токарев. - Россия, 2012.
4. Пат. на полезную модель № 90103. Мобильное здание с альтернативным теплоэлектроснабжением / А.М. Шангараев, П.Т. Харитонов. - Россия, 2009.
5. Пат. на полезную модель № 65926. Энергоэффективное здание «ЭКОДОМ SOLAR-5» / П.А. Казанцев. - Россия, 2007.
6. Витвицкая Е.В. Альтернативные источники энергии в современной архитектуре / Е.В. Витвицкая, Т.Н. Бочевар // Теория градостроительства и архитектурного проектирования. - С. 127-135.
7. Садыкова Г.К. Создание автономной мобильной юрты с применением возобновляемых источников энергии / Г.К. Садыкова, Д. Ерболатулы, Н. Кантай // Сб. мат. Республ. НПК молодых ученых и студентов «Миссия молодежи в глобальном научном пространстве: проблемы и горизонт возможностей». - Усть-Каменогорск: ВКГУ им. С. Аманжолова. - 2015. - С. 329-334.
8. Источник <https://ru.wikipedia.org/>
9. Surface meteorology and Solar Energy A renewable energy resource web site (release 6.0). - Режим доступа: [//eosweb.larc.nasa.gov/sse/](http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/)
10. <http://travel.org.ua>.
11. Умбетбеков А.Т. Изучение особенностей солнечного излучения регионов Казахстана / А.Т. Умбетбеков, Д.А. Аманкос, А.Т. Исанбекова и др. // Вестник КазНТУ. - 2015. - № 3. - С. 136-142.
12. Surface meteorology and Solar Energy A renewable energy resource web site (release 6.0). - Режим доступа: <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>
13. Ерболатулы Д. Исследование свойств древесно-полимерного композита как перспективного строительного материала / Д. Ерболатулы, Б.Б. Темірбекова, Б.Н. Азаматов и др. // Вестник ВКГТУ им. Д. Серикбаева. - 2016. - № 2. - С. 106-110.
14. Жуниссенов Е. Разработка эффективной ветроэнергетической установки вертикального типа с усилителем ветра / Е. Жуниссенов, Б. Эрикұлы, Д.Д. Ерболат и др. // Сб. мат. Республ. НПК молодых ученых и студентов «Миссия молодежи в глобальном научном пространстве: проблемы и горизонт возможностей». - ВКГУ им. С. Аманжолова. - 2015. - С. 123-127.
15. Умбетбеков А.Т. Изучение особенностей солнечного излучения регионов Казахстана / А.Т. Умбетбеков, Д.А. Аманкос, А.Т. Исанбекова и др. // Вестник КазНТУ им. К.И. Сатпаева. - 2015. - № 3. - С. 136-142.
16. Ерболатулы Д. Светодиодная лампа мощностью 100 Вт / Д. Ерболатулы, С.Е. Сабиев // Материалы Междунар. школы-семинара «Иновационные технологии и исследования, направленные на развитие зеленой энергетики и глубокую переработку продукции». - ВКГУ им. С. Аманжолова. - 2013. - С. 34.
17. Алдажаров Д.Б. Разработка и исследование энергосберегающих светодиодных устройств для наружного освещения / Д.Б. Алдажаров, Д.Д. Ерболат, Д. Ерболатулы и др. // Сб. мат. Республ. НПК молодых ученых и студентов «Миссия молодежи в глобальном научном пространстве: проблемы и горизонт возможностей», - Усть-Каменогорск: ВКГУ им. С. Аманжолова. - 2015. - С. 7-10.

Получено 02.02.2017