МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЯРОСЛАВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА)

ИННОВАЦИОННЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ РАЗРАБОТКИ В АПК

Сборник трудов по материалам Национальной научно-практической конференции с международным участием

01 декабря 2022 г.

Ярославль
Издательство ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА
2023

© ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2023
© Авторы статей, 2023

ISBN 978-5-98914-261-3
DOI 10.35694/YARCX.2023.1.12.22

УДК 001.895:62:338.436.33
ББК 65.32-5
И 66

Печатается по решению редакционно-издательского совета инженерного факультета ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА.

И 66 **Инновационные инженерные разработки в АПК** : сборник трудов по материалам Национальной научно-практической конференции с международным участием. Ярославль, 01 декабря 2022 г. / ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА. – Ярославль : Издательство ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2023. – 148 с. – URL: https://yaragrovuz.ru/images/nauch_chast/s/innov_inzh_razrab _v_APK.pdf. – ISBN 978-5-98914-261-3. – DOI 10.35694/YARCX.2023.1.12.22.

В материалах конференции представлены результаты исследований ученых, преподавателей, аспирантов, докторантов высших учебных заведений Российской Федерации и Республики Узбекистан.

Сборник предназначен для научных работников, преподавателей высших учебных заведений, а также для работников агропромышленного комплекса. Может использоваться в учебном процессе, в том числе в процессе обучения аспирантов, подготовки магистров и бакалавров в целях углубленного рассмотрения соответствующих проблем.

УДК 001.895:62:338.436.33
ББК 65.32-5

Редакционно-издательский совет

Шешунова Е.В. – редактор, декан инженерного факультета, канд. техн. наук, доцент;

Морозов В.В. – член совета, и.о. заведующего кафедрой «Электрификация», канд. физ.-мат. наук;

Соцкая И.М. – член совета, заведующий кафедрой «Технический сервис», канд. техн. наук, доцент;

Орлов П.С. – член совета, профессор кафедры «Электрификация», д-р техн. наук, доцент;

Шмигель В.В. – член совета, профессор кафедры «Электрификация», д-р техн. наук, профессор;

Ананьин Г.Е. – ответственный секретарь, специалист по учебно-методической работе деканата инженерного факультета, канд. пед. наук.

Текстовое электронное сетевое издание

Минимальные системные требования: процессор Intel Pentium 1,3 ГГц и выше; оперативная память 256 Мб и более; операционная система Microsoft Windows XP/Vista/7/10; разрешение экрана 1024x768 и выше; привод CD-ROM, мышь; дополнительные программные средства: Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше.

ISBN 978-5-98914-261-3
© ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2023
© Авторы статей, 2023

УДК 681.5

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ СКЛАДСКОГО РОБОТА-ПОГРУЗЧИКА

доцент Р.Д. Адакин; обучающийся М.А. Ситчихин
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия);
к.т.н. О.Б. Колибаба
(ФГБОУ ВО ИГЭУ, Иваново, Россия)

Аннотация. В статье рассматривается вопрос об усовершенствовании имеющегося складского робота погрузчика типа кран-штабелера. Предлагается провести доработку робота таким образом, чтобы в отличие от существующего, он мог передвигаться по складу – как вдоль рядов, так и между рядами. Для этого предложен способ и схема поворота робота, и показано, какие пункты в новом программном обеспечении необходимо учесть, чтобы логика работы роботов была более совершенная по сравнению с существующей.

Ключевые слова: автоматизированный склад, робот погрузчик, погрузка/разгрузка товара.

DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF A WAREHOUSE ROBOT LOADER

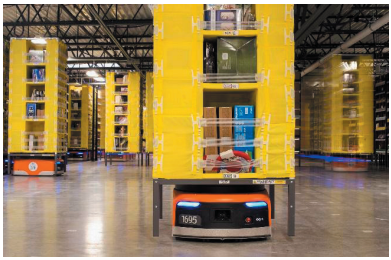
Docent R.D. Adakin; student M.A. Sitchihin
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia);
Candidate of Technical Sciences O.B. Kolibaba
(ISPU, Ivanovo, Russia)

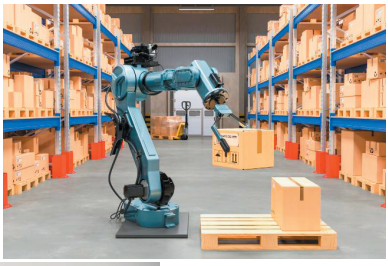
Abstract: the article discusses the issue of improving the existing warehouse robot loader type crane-stacker. It is proposed to refine the robot in such a way that, unlike the existing one, it can move around the warehouse both along the rows and between the rows. To do this, a method and a scheme for turning the robot are proposed, and it is shown which points in the new software must be taken into account so that the logic of the robots' work is more perfect compared to the existing one.

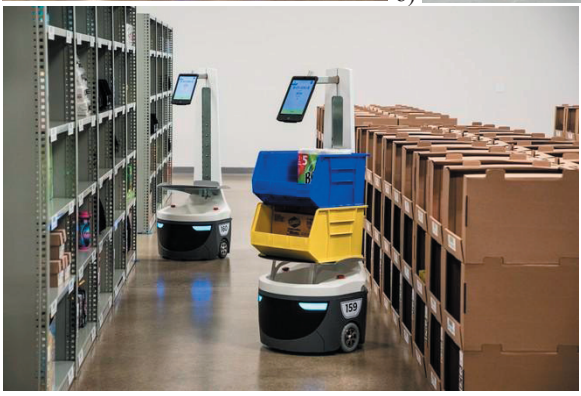
Keywords: automated warehouse, robot loader, loading/unloading of goods.

В настоящее время складские роботы широко применяются для погрузки/разгрузки грузов и размещения их на автоматизи-

рованных складах. Применение роботов существенно облегчает складскую работу, поскольку обеспечивается круглосуточное перемещение и размещение грузов на стеллажах, при этом в ночные часы, в отсутствии персонала на складе, освещение для робота не требуется.

а) 

б) 

в) 

а) робот для перемещения небольших стеллажей;
б) робот-сортировщик;
в) робот для перемещения штучных товаров в ящиках.

Рисунок 1 – Варианты роботов

Складские роботы различают по [1]:
– типу перевозимого груза;
– конструкции;
– максимальной массе товара;
– типу используемой навигации;
– выполняемой задаче.

Некоторая часть роботов приведена на рисунке 1 и рисунке 2.

Роботы для сортировки могут быть реализованы в виде мобильных платформ. Каждый такой робот забирает предназначенную для него единицу хранения и перемещает ее к месту сбора товаров этой категории. Также задачи сортировки могут решаться конвейерными системами [1].

Разработка рабочих органов роботов манипуляторов из-за большого разнообразия задач является отдельным направлением развития робототехники. Лидирующих позиций здесь добились компании, имеющие многолетний опыт в разработке захватов для полуавтоматических устройств, использовавшие свои наработки на новом уровне развития технологии [1].

а) б)

а) робот сортировщик и укладчик; б) робошатл.

Рисунок 2 – Виды роботов

Робошатл используется для размещения ящиков с товаром на высоких стеллажах, а также для доставки ящиков на линию выгрузки.

Для эффективного использования складских площадей необходимо наличие высоких стеллажей 9–10 м и узкие проходы между ними [2]. Обычный робот погрузчик с такими задачами не справляется, поскольку он поднимает груз с ограниченной массой на высоту 5–7 м. Поэтому применяют роботы кран-штабелеры, у которых подъемный узел передвигается по вертикальной штанге, закрепленной с двух сторон, как снизу, так и сверху, рисунке 5. Передвигается робот только вперед или назад на колесах по рельсам вместе с вертикальной штангой. Это является недостатком данной автоматизированной системы, поскольку на каждый проход между стеллажами должен располагаться соответственно один робот, не учитывая степень загрузки каждого прохода. И в случае, когда товар с полок какого-то n-ного ряда не будет использоваться, дорогостоящий робот должен все равно присутство-

вать, поскольку только он сможет достать требуемый поддон с товаром. Ограниченность системы объясняется способом передвижения робота – по рельсу, что не дает роботу возможность повернуть в соседний пролет. Такой маневр может выполнить робот-погрузчик типа автоматизированной электрокары, рисунок 3, но он ограничен высотой, массой подъема груза и ему требуется большее расстояние между стеллажами для разворота. Для решения данной проблемы он не подходит.

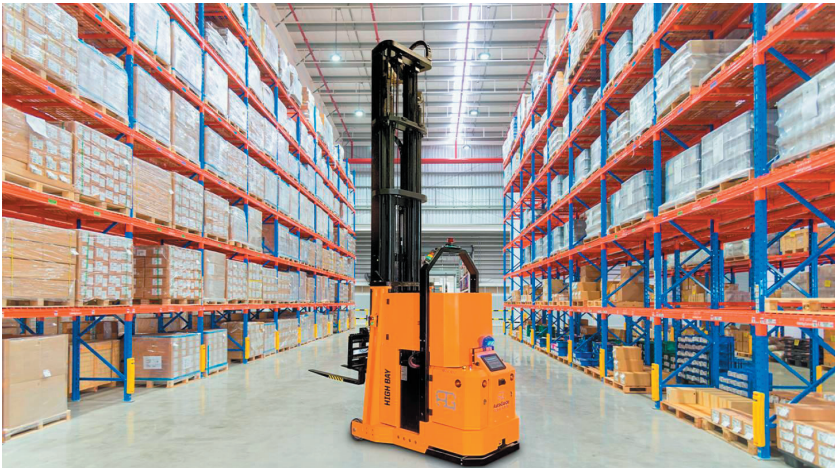


Рисунок 3 – Робот-погрузчик

Актуальность проекта

Актуальность проекта вытекает из описанной ранее проблемы, которую предлагаем решить следующим образом – с помощью усовершенствованного складского робота кран-штабелера, имеющего возможность передвижения вдоль рядов и между рядами. Проект позволяет использовать преимущество данного крана, а именно:

• высоту подъема груза до 10 м,

• масса поднимаемого груза может достигать значения до 5 тонн,

• узкий пролет между стеллажами позволяет экономить складскую площадь.

Таким образом на небольшой площади с высоким потолком можно организовать эффективный и вместительный автоматизированный склад с минимальным энергопотреблением, поскольку свет нужен только обслуживающему персоналу. Теоретически склад может работать длительное время без освещения. Также

меньшее число роботов будет потреблять соответственно меньше электроэнергии.

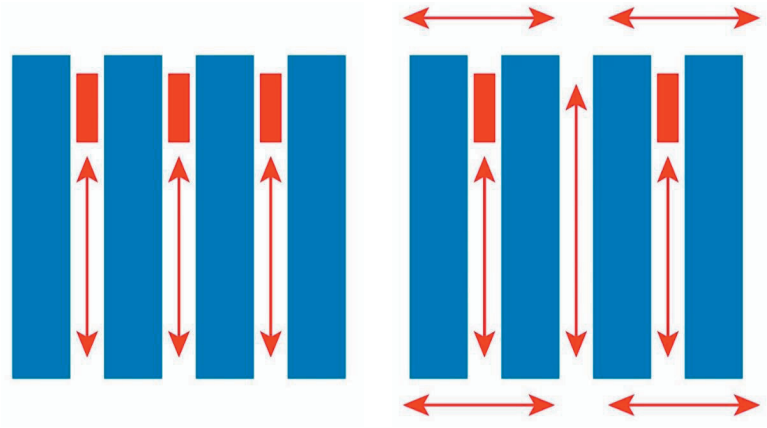
а

а) вид сбоку; б) два кран-штабелера в работе.
Рисунок 4 – Робот кран-штабелер

б

Описание разработки

Итак, стандартный робот кран-штабелер передвигается по схеме, представленной на рисунке 5 а. Предлагаемый усовершенствованный робот кран-штабелер передвигается по схеме, рисунок 5 б.

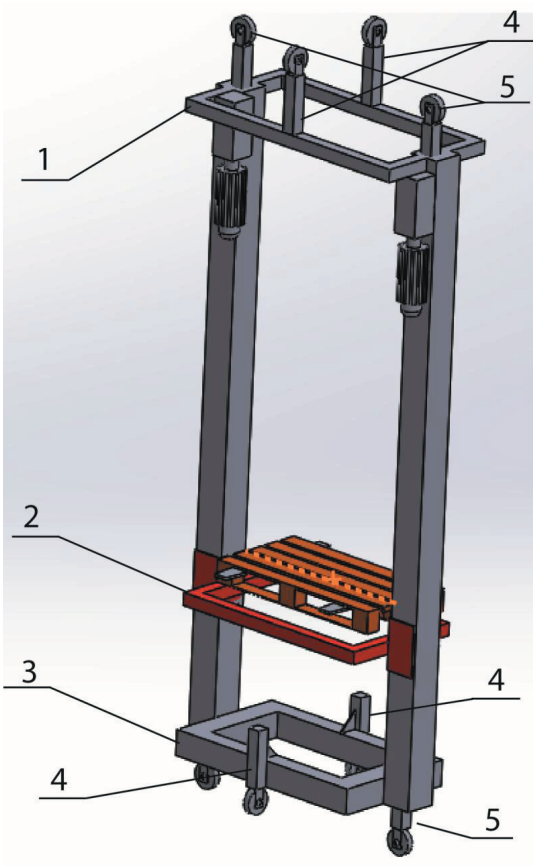


а) б)

а) существующая; б) предлагаемая.

Рисунок 5 – Схемы движения роботов кран-штабелеров

Прямоугольниками обозначены ряды стеллажей. В предлагаемом варианте количество роботов для перемещения товаров меньше, чем в сравниваемом варианте, поскольку склад не бывает постоянно загружен запросами на загрузку/выгрузку товаров, а имеющиеся роботы смогут выполнить данные действия. Для осуществления переходов между рядами необходимо добавить рельсы как снизу, так и сверху. Сверху рельсы крепятся на кромках стеллажей, а перпендикулярное направление рельс относительно рядов крепится укосинами, приваренными к стеллажам, поэтому конструкция стеллажей должна выдерживать большие нагрузки. Роботы опираются колесами на нижние и верхние рельсы. Рельсы – это металлические направляющие для передвижения по ним роботов с помощью колес. Складские рельсы намного легче рельс, по которым двигаются поезда, и отличаются тем, что имеют буртики, для того, чтобы не съехало металлическое колесо в сторону. Роботы имеют возможность перемещаться между рядами и вдоль рядов благодаря доработанной конструкции нижней и верхней тележки. В тележку добавлены колеса, которые выдвигаются гидроцилиндрами на дополнительные рельсы, опираясь на которые робот может повернуть в другой ряд. Затем, дополнительные колеса убираются, а основные выдвигаются на следующие рельсы, и робот перемещается вдоль ряда. Соответственно добавляются редуктора и электродвигатели для привода дополнительных колес.



1 – верхняя тележка; 2 – тележка с выдвижными вилами в обе стороны; 3 – нижняя тележка; 4 – дополнительные колеса; 5 – основные колеса.

Рисунок 6 – Схема робота кран-штабелера

Программное обеспечение

Предложенная схема перемещения роботов по складу, имеет логику работы, отличающуюся от существующей. Роботам необходимо учитывать их местоположение, для того, чтобы на выгрузку/загрузку товара поехал тот робот, который в данный момент находится ближе к указанному пункту выгрузки/загрузки. Таким образом будет обеспечена скорость выполнения операций и избежание проезда лишнего расстояния. Требуемые операции загрузки/выгрузки будут отправляться на общий сервер, с которого информация будет доступна всем роботам, каждый из которых просчитает предполагаемый путь до обозначенной точки, и тот, который ближе – сообщит об этом остальным роботам и отправится за товаром.

Остальные же роботы аналогичным образом будут рассматривать следующий заказ и так далее.

Так же роботам необходимо учитывать нахождение другого робота на своем пути. Для этого роботы снабжены ультразвуковым датчиком препятствия. При сближении роботы сообщают друг другу о выполняемых операциях на текущий момент и время необходимое для их завершения. Эта информация необходима для того, чтобы робот мог оценить ожидать ему или объехать другим путем.

Из всей массы заказов робот выбирает те, которые находятся ближе на его пути. Но если дальний заказ превысит ожидание 25 мин, робот вне плана поедет за ним и затем вернется разбирать ближайшие на его пути.

Необходимо написать программный код, который смог бы обеспечить выполнение вышеописанных операций, для чего авторы обозначили следующие задачи и приступят в ближайшее время к их выполнению.

Задачи:

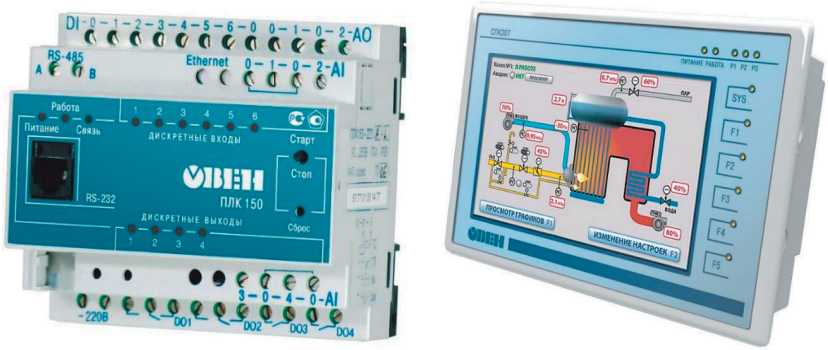
• Разработать концепцию конструкции робота

• Разработать логику передвижения робота по складу

• Разработать концепцию алгоритма определения местоположения груза

• Разработать концепцию оптимизации минимизации движений робота

Предлагаемый робот погрузчик будет работать на контроллерах российской фирмы ОВЕН [3], рисунок 7.



а) б)

а) без дисплея; б) с дисплеем.

Рисунок 7 – Контроллеры

Все информация о операциях, выполняемых роботами, а также аварийные ситуации, диалоги между роботами будут дублироваться на облачном сервисе, предоставляемом компанией в комплекте с оборудованием, рисунок 8. Соответственно, на данный сервис можно зайти как с телефона, так и с компьютера. Информация доступна в виде графиков и таблиц, в зависимости от пользовательских настроек.

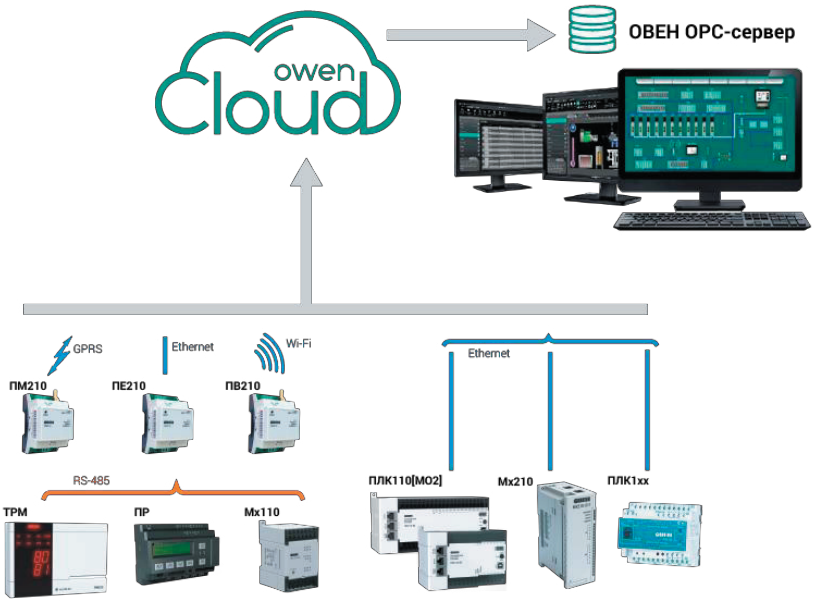


Рисунок 8 – Облачный сервис фирмы ОВЕН

Преимущество предлагаемого проекта по сравнению с существующим:

1. Меньшее количество роботов требуется на складе, а поскольку каждый робот стоит несколько миллионов рублей, то проект предлагает в первую очередь экономить на оборудовании;

2. Меньше затрат электроэнергии на работу и подзарядку роботов;

3. Меньше требуется запасных частей при ремонте роботов и меньшая стоимость технического обслуживания;

4. Более оптимальная логика передвижения робота по складу;

5. Роботы могут поднимать груз на высоту до 10 м;

6. Масса поднимаемого груза может достигать значения до 5 тонн;

7. Роботы используют узкий пролет между стеллажами, что позволяет экономить складскую площадь.

Выводы

Разработан и предложен усовершенствованный складской робот погрузчик типа кран-штабелер. Доработана верхняя и нижняя тележка робота таким образом, чтобы в отличие от существующего, он мог передвигаться по складу – как вдоль рядов, так и между рядами. Представлены задачи для нового программного обеспечения, которые необходимо учесть, чтобы логика работы роботов была более совершенная по сравнению с существующей.

Список источников

1. Складские роботы. – URL: https://nissa-eng.ru/category/baza/skladskie-roboty. – Режим доступа: свободный (дата обращения: 6.02.2023).

2. Автоматизированные складские комплексы. – URL: https://nt-ls.ru/cat/avtomatizirovannye-sistemy/avtomatizirovannye-sistemy-dlya-korobov/robotizirovannye-sklady/72-sl-box.html. – Режим доступа: свободный (дата обращения: 6.02.2023).

3. Контрольно-измерительные приборы ОВЕН. – URL: owen.ru. – Режим доступа: свободный (дата обращения: 6.02.2023).

УДК 621.317:621.391.3

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВИХРЕВЫХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ

к.п.н. Г.Е. Ананьин; доцент А.С. Степанов
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Аннотация. Статья посвящена перспективам применения вихревых теплогенераторов в сельском и жилищно-коммунальном хозяйстве. Названы преимущества систем с вихревыми теплогенераторами и проблемы, связанные с практическим использованием данных устройств.

Ключевые слова: вихревой теплогенератор, энергосберегающая система, котел, водонагреватель, эффективность.

PROSPECTS FOR THE USE OF VORTEX HEAT GENERATORS

Candidate of Pedagogical Sciences G.E. Ananjin;
Associate Professor A.S. Stepanov
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Abstract. The article is devoted to the prospects of using vortex heat generators in agriculture and housing and communal services. The advantages of systems with vortex heat generators and the problems associated with the practical use of these devices are named.

Keywords: vortex heat generator, energy-saving system, boiler, water heater, efficiency.

Проблема энергосбережения является в настоящее время весьма актуальной. В связи с этим целесообразно внедрять энергосберегающие системы теплоснабжения и горячего водоснабжения (ГВС), то есть системы, которые позволяют производить и передавать тепло и горячую воду с максимально возможным коэффициентом полезного действия. Для этого необходима децентрализация системы, иначе говоря – отказ от принятой ранее практики, когда производство тепла было географически удалено от потребителя. Современный подход к природопользованию, напротив, диктует требование к их компактному размещению.

Подобные децентрализованные системы в настоящее время снабжаются разнообразными устройствами для прямого нагрева теплоносителя (воды): котлами, водонагревателями на жидком либо твердом топливе, электронагревателями [1; 2] Однако широкое внедрение децентрализованных систем до определенной степени сдерживается их недостатками по сравнению с традиционными централизованными системами. В числе подобных недостатков следует назвать:

– более высокий удельный расход топлива;

– большая опасность при эксплуатации;

– для котлов, работающих на твердом топливе, возникают дополнительные сложности, связанные с приобретением, доставкой и хранением топлива, утилизацией отходов и необходимостью в постоянном круглосуточном обслуживающем персонале (кочегарах);

– жидкое топливо имеет высокую стоимость, а с его хранением и доставкой могут возникнуть трудности.

Как хорошо видно, основные проблемы возникают тогда, когда в качестве энергоносителя используется жидкое и твердое топливо. Поэтому напрашивается вывод, что энергосберегающие системы должны работать на электричестве или природном газе.

Нагревательными устройствами, потребляющими электроэнергию, являются электрические котлы и электроводонагреватели. Им свойствен ряд недостатков:

– необходима водоподготовка, поскольку в противном случае образуется накипь, которая может привести к поломке устройства;

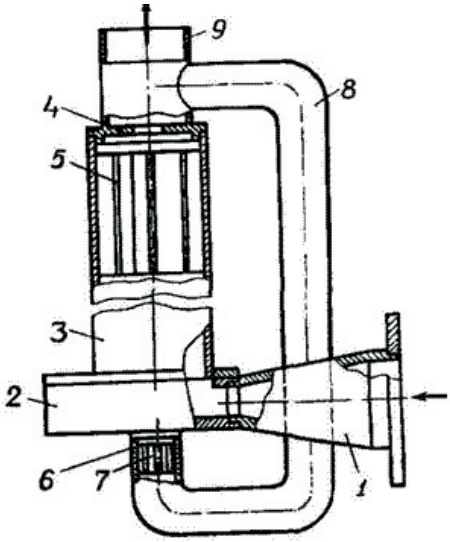
– применение электрокотлов необходимо согласовать с Ростехнадзором;

– повышенный тариф электроэнергии при использовании прямого нагрева теплоносителя.

В контексте сказанного некоторые авторы полагают, что перспективным является использование вихревых теплогенераторов (ВТГ). Так называются устройства, в которых вода приводится в вихревое движение и вследствие этого нагревается. Во всех деталях вихревой эффект до сих пор не описан и не изучен, поскольку исчерпывающей теории турбулентного движения по сей день не существует (попытки ее создания упираются в открытую математическую проблему – решение уравнений Навье – Стокса). Обыкновенно вихревой эффект связывают с процессом кавитации, то есть образованием заполненных газом или паром пузырьков во вращающейся жидкости и последующим их схлопыванием. В вихревом генераторе электрическая энергия подается лишь на электродвигатель насоса для прокачки воды, и в том заключается кардинальное отличие ВТГ от других теплогенераторов, которые также преобразуют электрическую энергию в тепловую. Эта идея привела к тому, что настоящему времени разработано несколько типов подобных устройств, которые различаются по производительности и уже нашли широкое применение в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения, а также пищевой индустрии.

Схема вихревого теплогенератора приведена на рисунке 1.

Вихревой теплогенератор потребляет стандартное напряжение и потому не требует применения устройств для трансформации тока. Также он полностью подготовлен для подключения к новой или существующей системе отопления, а конструкция и габариты тепловой установки позволяют упростить ее монтаж и размещение в тепловом узле.



1 – инжекционный патрубок, 2 – улитка, 3 – вихревая труба, 4 – центральное отверстие, 5 – тормозное устройство, 6 – штуцер, 7 – спрямитель потока, 8 – байпас, 9 – патрубок вывода горячего потока.

Рисунок 1 – Схема вихревого теплогенератора

Эффективность теплогенератора оценивается коэффициентом преобразования энергии:

$$\varphi = Q_{пол}/Q_{зат}, \quad (1)$$

где $Q_{пол}$ – полезная теплота, то есть пошедшая на нагрев воды и металлоконструкций;

$Q_{зат}$ – затраченная энергия [3].

Значение этого коэффициента близко к единице, и, как утверждают некоторые авторы, иногда может даже превышать ее. Последнее утверждение, впрочем, не подтвердилось в серии экспериментов, проведенных группой под руководством А.А. Халатова (Харьков, 2005 год). Впрочем, как утверждают сами экспериментаторы, это является просто следствием из закона сохранения энергии и, соответственно, не может расцениваться как недостаток теплогенератора [4]. В научной литературе подчеркивалось, что за счет высокой эффективности вихревого теплогенератора возможно при укрупненном подборе мощности применение норматива 1 кВт мощности электродвигателя на 15…20 м² площади (на объем 45…50 м³). Для сравнения: в случае использования других видов тепловых установок применяется норматив 1 кВт тепловой энергии на 10 м² площади. В отапливаемых помещениях может поддерживаться любой температурный режим. Если мощность установки соответствует обогреваемому объему и СНиПовским

теплопотерям, тепловая установка за отопительный сезон работает в среднем 25…30% времени.

Системы с вихревыми теплогенераторами характеризуются следующими преимуществами:

– снижение издержек, связанных со стоимостью установки, оплатой электроэнергии, затратами на обслуживание;

– нет необходимости в аттестации теплового узла;

– применение в температурном диапазоне +80º С универсально;

– отсутствие затрат на водоподготовку, прокладку тепловых и газовых сетей, закупку, транспортировку и хранение топлива;

– простота обслуживания (специальной подготовки обслуживающего персонала не требуется);

– безопасность и экологичность эксплуатации;

– использование современных приборов контроля безопасности полностью исключает неуправляемый рост давления и температуры в системе отопления;

– надежность (срок службы не менее 15 лет) [5].

Вместе с тем, некоторые авторы указывали и на недостатки вихревых теплогенераторов, к числу которых относятся:

– теплогенератор не является автономной системой и зависит от поставок электроэнергии (впрочем, в этом отношении теплогенераторы отнюдь не уникальны);

– затруднен расчет необходимой мощности, поскольку теоретическое изучение вихревых теплогенераторов еще далеко не завершено;

– работа теплогенераторов сопровождается значительным шумом;

– если вихревые теплогенераторы будут отнесены к оборудованию, на которое распространяются повышенные тарифы на электроэнергию, их применение становится экономически неэффективным.

Вместе с тем подчеркивается, что вихревые теплогенераторы могут составить конкуренцию котлам, работающим на дизельном топливе, а также электрокотлам, если затраты на замену их нагревательных элементов значительны [6].

Таким образом, можно сделать вывод, что решение об установке вихревого теплогенератора как источника энергоснабжения должно приниматься с учетом многих факторов, к которым, прежде всего, относятся амортизационные издержки, связанные с эксплуатацией электрокотлов и котлов на дизельном топливе. Также возможно приобрести теплогенератор в учебных и исследовательских

целях, но это совершенно особый случай, поскольку здесь нужно смотреть на профиль образовательной организации и на обеспечение ее научно-исследовательскими и педагогическими кадрами.

Список источников

1. Евсеева, Т.А. Конспект лекций по дисциплине «Теплоснабжение» (для студентов 4 и 5 курсов дневной и заочной форм обучения по направлению подготовки 6.060101 «Строительство» и для слушателей второго высшего образования специальности 7.06010107 «Теплогазоснабжение и вентиляция») / Т.А. Евсеева, Н.В. Ластовец, О.Н. Малявина; Харьк. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова. – Х.: ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2013. – 152 с.

2. Источники и системы теплоснабжения: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 13.03.01. – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017. – 45 с.

3. Бирюк В.В., Некрасова С.О., Сармин Д.В., Угланов Д.А. Определение основных характеристик вихревого теплогенератора: Метод. указания. Самар. гос. аэрокосм, ун-т. Самара, 2012. – 24 с.

4. Халатов А.А., Коваленко А.С., Шевцов С.В. Результаты испытаний вихревого теплогенератора ТПМ 5,5-1. – URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id = 19373.

5. Степанов, А.С. Вихревые теплогенераторы в системах теплоснабжения зданий и технологических процессах в сельском хозяйстве // Оптимизация электротехнологий в АПК. Сборник научных трудов по материалом Международной научно-практической конференции. Ярославль: Издательство ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2016. С. 63–66.

6. Кузнецов, С.В. О сверхэффективности вихревых теплогенераторов и не только // Новости теплоснабжения. 2007. № 8(84). – URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id = 1947.

УДК 62-173

КОГЕНЕРАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ КАК ИСТОЧНИК АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ

Ст. преподаватель М.Л. Борисова
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Аннотация. Основная причина поиска альтернативных источников энергии заключается в необходимости получать ее из прак-

тически неисчерпаемых или возобновляемых природных ресурсов и явлений.

Когенерационные установки, использующие в качестве топлива природный газ или биогаз, являются одним из направлений развития альтернативной энергетики. Когенерация позволяет получать электроэнергию и тепло от одного источника. Современные когенерационные биогазовые установки обеспечивают производство электрической и тепловой энергии посредством утилизации биологических отходов предприятий сельскохозяйственного сектора.

Проведя соответствующие исследования, мы предлагаем в ООО «Красный маяк» Ростовского муниципального района Ярославской области получать биогаз из отходов животноводческого комплекса, а после его очистки направлять по трубопроводу в когенерационную установку, где биогаз будет использоваться в качестве топлива для газопоршневого двигателя. На выходном валу двигателя устанавливается электрический генератор, который вырабатывает электрическую энергию.

Ключевые слова: альтернативный источник энергии, биогаз, альтернативное топливо, когенерация.

COGENERATION PLANTS AS A SOURCE OF ALTERNATIVE ENERGY

Senior Lecturer M.L. Borisova
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Abstract. The main reason for the search for alternative energy sources is the need to obtain it from virtually inexhaustible or renewable natural resources and phenomena.

Cogeneration plants using natural gas or biogas as fuel are one of the directions of alternative energy development. Cogeneration allows you to get electricity and heat from a single source. Modern biogas cogeneration plants ensure the production of electric and thermal energy through the disposal of biological waste from agricultural enterprises.

Having conducted the relevant research, we propose that LLC «Krasny Mayak» of the Rostov Municipal district of the Yaroslavl region receive biogas from the waste of the livestock complex, and after cleaning it, send it through a pipeline to a cogeneration plant, where biogas will be used as fuel for a gas piston engine. An electric

generator is installed on the output shaft of the engine, which generates electrical energy.

Keywords: alternative energy source, biogas, alternative fuel, cogeneration.

Актуальность

В настоящее время альтернативные источники энергии уже широко используются для решения проблем энергоснабжения, как в промышленных масштабах, так и в частном секторе. Доступность технологий получения энергии из неисчерпаемых источников позволяет строить энергонезависимые дома с экологически чистой инфраструктурой в удаленных районах и решать проблемы энергоснабжения уже существующих объектов.

Цель и задачи

Цель исследования – выявить наиболее перспективные технологии получения альтернативного топлива. Для ее достижения необходимо выполнить следующий ряд задач:

– провести анализ существующих технологий;

– определить особенности данного производства;

– рассмотреть варианты совершенствования технологии производства и использования альтернативных источников энергии.

Объект исследования: молочно-товарный комплекс на 3600 голов КРС ООО «Красный маяк», который относится ко 2-й категории надежности с наличием электроприемников 1-й категории.

Материалы и методы

Нами были использованы:

– теоретические методы исследования, такие как поиск, анализ и синтез необходимого материала по теме.

Операции производства биогаза:

– сбора навоза;

– транспортировка на станцию сепарации;

– гомогенизации навоза;

– сбор газа в газгольдер;

– перемещение газа в когенерационную установку.

Альтернативная энергетика – совокупность перспективных методик получения, передачи, а также использования источников энергии, которые распространены не так широко, как классические, но представляют интерес выгодности их применения, как правило, из-за низкого риска причинения вреда окружающей среде.

Альтернативный источник энергии является возобновляемым ресурсом, который заменяет традиционные источники энергии, использующие нефть, добываемый природный газ и угль, образующие при сгорании углекислый газ в атмосферу, который вызывает парниковый эффект и глобальное потепление. Основная причина поиска альтернативных источников энергии заключается в необходимости получать ее из практически неисчерпаемых или возобновляемых природных ресурсов и явлений.

Когенерационные установки (КГУ), использующие в качестве топлива природный газ или биогаз, являются одним из направлений развития альтернативной энергетики. Биогаз, образующийся при метановом сбраживании, представляет собой смесь, состоящую из 50…80% газа метана, 20…50% углекислого газа, примерно 1% сероводорода, а также незначительного количества некоторых других газов (азота, кислорода, водорода, аммиака, закиси углерода и др.). В свою очередь, «метановое сбраживание» происходит при разложении органических веществ в результате жизнедеятельности двух основных групп микроорганизмов.

Когенерация позволяет получать электроэнергию и тепло от одного источника. Когенерационная установка представляет собой мини теплоэлектроцентраль, но с КПД от 85% до 90%. Универсальность таких установок заключается в том, что КГУ может функционировать как на природном газе, так и на любом другом альтернативном, с содержанием метана от 50% до 65%.

Современные когенерационные биогазовые установки обеспечивают производство электрической и тепловой энергии посредством утилизации биологических отходов предприятий сельскохозяйственного сектора. В нашей стране, когенерационные установки многими воспринимаются, как нечто полезное, но не обязательное для применения. На практике, такие установки могут значительно сократить расходы на тепло и электроэнергию, так как можно получать дорогую энергию из дешевого топлива. Принцип действия когенерационной установки довольно простой. Органические отходы с животноводческих ферм поступают в реактор, в котором при соблюдении технологического процесса происходит брожение с выделением биогаза. Этот газ собирается в газгольдер, откуда поступает на когенерационную установку. Отходы производства биогаза можно использовать в качестве удобрения на сельскохозяйственных полях. Весь принцип работы системы утилизации тепла

основан на использовании тепловой энергии выхлопных газов газопоршневой установки. Отведенная теплота может использоваться в системе отопления, теплоснабжения и кондиционирования.

Когенерационные установки можно использовать в условиях нерегулярного объема подаваемого биогаза, или биогаза плохого качества. В этом случае возможно обогащение биогаза смешиванием с природным газом, или полный перевод работы на природный газ.

Технология производства биогаза следующая: после сбора навоза, с помощью вакуумного уборщика, происходит его транспортировка на станцию сепарации, где ее сливают в резервуары, оборудованные миксерами с ременным приводом, которые способствуют получению однородной структуры – гомогенизации навоза и предотвращения образования отложений в приемной емкости.

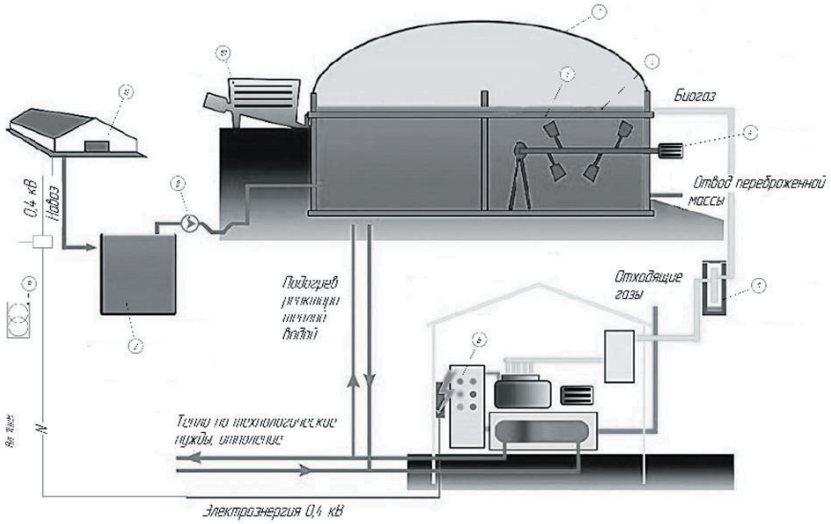


Рисунок 1 – Технологическая схема производства биогаза

На станции сепарации, происходит процесс отделения песка от навозной массы, для его повторного использования. Для процесса сепарации используется система, состоящая из двух шнекового сепаратора. Сепаратор разделяет навоз на две фракции, твердую (сухую, рассыпчатую) и жидкую (без взвешенных сухих веществ). Сепаратор работает в полностью автоматическом режиме.

В дальнейшем твердые массы вывозятся на поля, и используются в качестве удобрения, а жидкие транспортируются с помо-

щью трубопровода транспортировки навоза в навозохранилища (лагуны).

В данной работе предлагается использовать жидкую навозную массу для производства биогаза, который будет использоваться в качестве топлива газопоршневых установок, при производстве электрической и тепловой энергии – когенерационной установки КГУ.

Результаты исследований

Определено количество вырабатываемой энергии с получаемого объема биогазаза по формуле [1]:

$$E = V_б \cdot e \ , \qquad (1)$$

где $V_б$ – объем полученного биогаза м3;

е – получаемая электроэнергия с 1 м3кВтч.

Воспользуемся обычным тарифом 2 кВтч.

$$E = 2063{,}25 \cdot 2 = 4126{,}5 \text{ кВт/ч.}$$

Учитывая производственные мощности коровника на 3600 голов КРС, объем генерации составит 4126,5 кВт/ч, что полностью закрывает потребности коровника.

Исходя из того, что на предприятии также используется КТПН -630/10/0,4 мощностью 630 кВА, приходим к выводу, что нам потребуется установить 3 газопоршневых генератора мощностью 250 кВт.

Выводы

В настоящее время альтернативные источники энергии уже широко используются для решения проблем энергоснабжения, как в промышленных масштабах, так и в частном секторе. Мы предлагаем в ООО «Красный маяк» Ростовского муниципального района Ярославской области, внедрить технологию получения энергии из неисчерпаемых источников, а именно утилизацию биологических отходов животноводческой фермы.

Для перевода полученного природного биогаза в электрическую энергию применяем когенерационную установку. Когенерационные установки имеют преимущество в том, что их можно использовать в условиях нерегулярного объема подаваемого биогаза, или биогаза плохого качества, в случае обогащения биогаза смешиванием с природным газом, или полный перевод работы на природный газ.

После проведенных расчетов, предлагаем использовать модель генератора «АГ-250С-Т400-Р ТМЗ», на базе газового двигателя «ТМЗ-8434», отечественного производства, производителя «Дизель-Систем», изготовленный на базе газопоршневого двигателя с жидкостным охлаждением и турбонаддувом «SCANIAOC-13», которые управляются с системой управления«Motortech». Разместить их оптимальнее всего на открытой площадке, рядом с КТПН-630/10/0,4. Распределение мощности между ГПУ будет, осуществляется с помощью шкафа управления мощности ШРМ, который контролирует процессы: распределения мощности между газопорошневыми электростанциями, синхронизацию и обратную синхронизацию с сетью сбытовой компании, сброс нагрузки второстепенных потребителей при работе газопоршневых электростанций, обеспечение удаленной передачи данных от контроллеров ГПУ и сетевого контроллера энергокомплекса.

Предлагаемая инженерная разработка по внедрению биогазовой и когенерационной установок в ООО «Красный маяк» является технологически обоснованной и экономически выгодной, так как требует капитальных вложений в размере 10858368,18 руб., которые окупятся за 4 года, и обусловят дополнительную ежегодную экономию денежных средств в размере 2717260,91 руб.

Список источников

1. Быстрицкий Г.Ф., Бородин Е.А. Автономные и когенерационные установки энергоснабжения, справочные материалы. 2014. – 124 с.

2. Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М. Биогаз: теория и практика. – Колос, 1982. – 149 с.

УДК 631.544.4

ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ КУЛЬТУР В ТЕПЛИЦАХ 5-го ПОКОЛЕНИЯ

к.т.н. В.П. Дмитренко; доцент Р.Д. Адакин; к.т.н., доцент И.М. Соцкая
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Аннотация. Ввиду высокой стабильности параметров климата в теплицах 5 поколения предлагается на площадях этих теплиц проводить исследования, используя малогабаритные теплицы. Такие исследования могут быть по выращиванию новых сортов, ги-

бридов, по совершенствованию технологии выращивания тепличных культур.

Ключевые слова: теплицы 5 поколения, климат, автоматизация, гибриды, исследования, оптимизация.

FEATURES OF GROWING CROPS IN GREENHOUSES OF THE 5th GENERATION

Candidate of Technical Sciences V.P. Dmitrenko;
Docent R.D. Adakin;
Candidate of Technical Sciences, Docent I.M. Sotskaya
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Abstract. Due to the high stability of climate parameters in greenhouses of the 5th generation, it is proposed to conduct research on the areas of these greenhouses using small-sized greenhouses. Such studies can be on the cultivation of new varieties, hybrids, on improving the technology of growing greenhouse crops.

Keywords: greenhouses of the 5th generation, climate, automation, hybrids, research, optimization.

В РФ в 2022 году было собрано тепличных овощей более 1,5 млн тонн. Самообеспеченность российского рынка этой продукцией составила около 80%.

В среднем ввод новых теплиц в РФ составляет 300 га в год, но одновременно анулируется 100 га теплиц старых конструкций. Мы существенно отстаем от стран ЕС по объемам тепличных хозяйств, но преимуществом является то, что если в странах ЕС теплицы в основном 3 и 4 поколений, то в РФ вводят в строй крупные комплексы – теплицы 5 поколения. Рассмотрим особенности этих теплиц.

Современные теплицы 4 поколения типа ВЕНЛО – это теплицы высотой до 8 метров, хорошо герметизированные, с высокой степенью автоматизации. Они позволяют получать высокую урожайность овощной продукции. Но они имеют недостаток – не могут поддерживать оптимальный микроклимат в определенные периоды года. При перегреве в теплице открывают форточки, расположенные на крыше, теплый воздух выходит наружу, а более холодный поступает в теплицу, и растения болезненно реагируют на такие контрастные изменения температуры воздуха. Одновременно это ведет к потерям тепла [1].

В теплицах 5 поколения площадь форточек сократилась почти в 10 раз. Теплый воздух от нагревателей поднимается вверх. Вентиляторы забирают его оттуда и нагнетают в перфорированные рукава, проходящие под грядками.

Для поддержания заданной влажности воздуха установлены адиабатические панели, проходящие по всей длине теплицы, на которые поступает вода. В летний период теплица может охлаждать себя за счет более интенсивного испарения воды.

Система зашторивания позволяет снижать температуру воздуха в теплице при избыточной солнечной радиации, а в холодное время года снижать потери тепла.

В теплице осуществляется постоянная циркуляция воздуха, что снижает вероятность заболевания растений. Разность температур воздуха в различных зонах каждой секции теплицы не превышает 2°С.

Эти изменения позволили не только снизить потери тепла, но и поддерживать внутри теплицы избыточное давление. Поэтому даже при открытых форточках насекомые не могут проникнуть в теплицу. Избыточное давление также позволяет поддерживать более высокий уровень содержания углекислого газа.

Весь этот комплекс изменений обеспечивает возможность поддержания благоприятных условий для роста растений и высокую производительность.

Естественно, что поддержание определенного климата внутри теплицы может быть обеспечено только за счет автоматизации процессов. В общем случае для теплиц 5 поколения параметрами, которые определяют климат, являются: температура и влажность воздуха, температура и влажность почвы, освещенность, интенсивность циркуляции воздуха, поддержание повышенного содержания углекислого газа CO_2, необходимый газообмен, поддержание избыточного давления внутри теплицы. Помимо климата важным параметром, определяющим эффективность теплицы, является способ приготовления питательных растворов и способ подачи и регулирования поступления их к растениям.

Все эти параметры определяют требуемую максимальную мощность нагревателей, испарителей, ламп досвечивания, насосов, вентиляторов и прочего подобного оборудования. Кроме указанного автоматизация требует использования большого количества

различных датчиков, контроллеров, исполнительных механизмов, устройств для контроля, диагностики, обработки данных.

Система автоматизированного управления микроклиматом в теплице учитывает внешние метеоусловия и согласовано управляет контурами обогревателей, досвечивания, зашторивания, подачи CO_2, вентиляторами для циркуляции воздуха и другими системами, обеспечивающими оптимальные параметры микроклимата, требуемые для каждой стадии роста и развития конкретной культуры с необходимыми изменениями в течении суток. И система находит пути поддержания заданных параметров микроклимата с минимальными затратами тепловой и электрической энергии. И теплицы 5 поколения, и системы автоматизированного управления – это технологии Запада.

Кроме того, в качестве семенного материала используют гибриды, которые выращивают специально для крупных комплексов. Выращивание гибридов это сложная, наукоемкая и затратная технология. На выращивание уходит 3–4 года. Критериями при выращивании являются урожайность, вкусовые качества, лежкость, привлекательный внешний вид, стойкость растений к заболеваниям. Через 5–6 лет может появиться новый, более эффективный гибрид.

В Минсельхозе РФ разработана программа по созданию отечественных сортов и гибридов овощных культур. Она стала частью Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства с 2017 по 2030 годы. Выделены теплицы для научно-исследовательских работ. Но гибриды продолжают закупать у фирм Запада [2].

В пакетах санкций, периодически принимаемых ЕС в отношении к РФ пока нет запрета на поставки семян. Есть запрет на поставку посадочных материалов саженцев плодовых, декоративных деревьев, кустарников и многолетних цветов. Но учитывая большую разницу в стоимости теплоносителей и электроэнергии, тепличная продукция, производимая в РФ, может оказаться значительно дешевле и сможет успешно конкурировать на рынках ЕС. Вот тогда и появится очередной пакет санкций на поставку в РФ семян, гибридов, элементов автоматизации тепличных комплексов. Даже сейчас некоторые компании, связанные с поставками в РФ продукции для тепличных комплексов, вынуждены отказываться от работы с российским бизнесом поскольку они испытывают давление на них их правительств и общества.

Поэтому и элементы автоматизации в тепличных комплексах, и программы выращивания культур, и сорта, и гибриды, и даже шмели, используемые для опыления растений, и насекомые-энтомафаги, поедающие потенциальных вредителей растений – все это должно производиться в РФ.

Глубокие исследования по разработке и совершенствованию теплиц ведут специализированные фирмы в таких странах как Нидерланды, Италия, Германия и др. Они разрабатывают высокотехнологичные теплицы, в которых конструктивные особенности и процессы автоматизации по оптимизации расходуемой энергии учитывают специфику климатических условий. Если до начала 2022 года исполнителем на поставку современного тепличного комплекса могла быть российско-голландская фирма, то сейчас условия изменились.

В РФ существуют несколько крупных фирм, занимающихся проблемами автоматизации. Например, фирма «ОВЕН» разрабатывает и изготавливает датчики, исполнительные устройства, программируемые логические контроллеры с модульной архитектурой, которые позволяют строить системы автоматизации любой сложности. Фирма «ОСАТЕК» производит промышленные контроллеры ЧГП-РТ, имеющие до 53000 дискретных/аналоговых каналов ввода/вывода, скорость передачи информации до 5000кБод. Названные фирмы могут разработать программный код в среде программирования CODESYS для управления всем этим набором комплектующих, являющихся элементами автоматизации. Обязательное условие – они должны производиться в РФ. Это позволит снизить стоимость, упростить проблемы монтажа, настройки, контроля и диагностирования оборудования. Упростятся вопросы подготовки специалистов, работающих с этим оборудованием, появится возможность вести работы по совершенствованию этого оборудования.

Следует также учитывать, что в РФ действует запрет на приобретение программного обеспечения (ПО), разработанного в иностранных государствах. В соответствии с законодательством о контрактной системе в РФ запрещено закупать программы иностранного производства, а также заниматься доработкой такого ПО, приобретать услуги по техподдержке, сопровождению и обновлению, если это повлечет передачу прав на такое ПО заказчику.

Затраты на строительство и оснащение современных теплиц велики. Если в 2018 году суммарные затраты на изготовление «под ключ»

тепличного комплекса 5 поколения площадью 10 га оценивались в 1,8 млрд рублей, то сегодня, можно предположить, эти затраты будут, более 3 млрд. Это свидетельствует о том, насколько важными для этих комплексов являются вопросы урожайности выращиваемых культур, сокращение сроков выращивания, потребительские качества продукции, сроки хранения, себестоимость. Все перечисленные характеристики культур будут зависеть от того, насколько удачно подобран гибрид и насколько оптимальной является технология выращивания.

Такие проблемы, как разработка программ, изготовление оборудования для теплиц, в том числе и средств автоматизации, могут быть разработаны специалистами и фирмами РФ. А проблемы выращивания новых сортов, гибридов, поиск путей повышения урожайности, снижения сроков выращивания, улучшение потребительских свойств продукции – все это требует проведения большого объема исследований. В проведении таких исследований мы отстаем от стран Запада. В теплицах 5 поколения обеспечиваются стабильные, управляемые параметры климата, поэтому целесообразно непосредственно на площадях теплиц вести исследования по совершенствованию техпроцесса выращивания овощей.

Исследования должны быть двух видов. Первый вид – это исследования, которые не требуют изменения климата. Например, проверка эффективности новых видов подкормок, оптимизация дозировки этих подкормок на разных этапах роста растений. Можно проверить эффективность поляризации молекул непосредственно перед подводом жидкостей к растениям. Могут быть и другие параметры, требующие исследований.

Тепличные комплексы разбиты на несколько климатических зон. Каждая зона имеет свое управление параметрами климата. Поэтому в климатической зоне, где выращивается конкретная культура, выделяется определенное количество растений, делается для них отдельная система подвода воды и питательных растворов и проводятся исследования по специальной программе. Контрольная группа – это основные растения в теплице. Оценка эффективности идет сравнением характеристик растений опытных и основных на всех этапах выращивания.

Второй вид – это исследования, которые требуют изменения климата. Агроном составляет программу выращивания конкретного гибрида культуры, например томатов, ориентируется на предыдущий опыт использования подобных программ, на результаты

лабораторных исследований этого гибрида, если они проводились, на общие рекомендации по выращиванию томатов, изложенные в литературе.

Параметры климата – это температура и влажность воздуха, почвы, содержание CO_2, освещенность, питательные растворы. Все они должны быть оптимальными для каждого этапа полного цикла выращивания. Агрономы полный цикл делят на четыре этапа: выращивание рассады, формирование корневой системы и набор зеленой массы до начала цветения, от начала цветения до формирования плодов, созревание плодов. Кроме того, агрономы каждый из этих этапов рассматривают как сумму фаз от начальной до конечной, и для каждой фазы каждого этапа параметры климата должны быть конкретными и оптимальными. Современные гибриды томатов для крупных комплексов после начала сбора плодов продолжают расти и цвести за счет боковых побегов. Длина таких гибридов может быть более 10 метров и плодоношение длится несколько месяцев, то есть одновременно идут процессы формирования плодов и их созревание. Можно назвать этот комбинированный этап пятым. Параметры климата этого этапа будут отличаться от параметров 3 и 4 этапов.

Пока нет глубокого понимания процессов, происходящих в растениях, и многие объяснения закономерностей процессов излагаются на уровне гипотез. Поэтому только исследования могут определить оптимальные параметры климата для конкретного гибрида, выращиваемого в теплице с определенными характеристиками.

Для проведения таких исследований целесообразно использовать малогабаритные теплицы. Их необходимо устанавливать на площадях тепличных комплексов. При открытых форточках и дополнительном вентиляторе в этих теплицах температура воздуха будет близка к температуре большой теплицы. Назовем эту температуру базовой. Для исследований необходимо иметь температуру воздуха в малогабаритных теплицах, отличающуюся от базовой в большую и меньшую сторону не более 10 градусов. Более высокое значение температуры можно обеспечить установив дополнительный радиатор от централизованной системы отопления. Для более низких температур к теплице нужно подвести трубу от кондиционера, установленного вне большой теплицы. Дополнительное оснащение этих теплиц, их количество зависит от вида исследований, то есть какие параметры климата будут уточняться.

Такие исследования позволят находить оптимальные соотношения параметров климата для каждой фазы каждого этапа выращивания культур. Преимуществом будут низкие затраты на исследования за счет того, что малогабаритные теплицы установлены в большой теплице.

Кроме исследований по оптимизации техпроцесса выращивания можно проводить более сложные исследования, например по оценке эффективности применения светодиодных ламп, по электрокультуре.

В таких малогабаритных теплицах после несложной модернизации можно выращивать гибриды тех культур, которые растут в этой климатической зоне. Параметры климата будут близки к оптимальным для данной культуры, а учитывая, что опыление должно быть ручным, изменения в конструкции, исключающее проникновение шмелей, не представляет большой сложности.

Следует подробнее остановиться на применении светодиодных ламп. Они потребляют электроэнергии примерно в 8 раз меньше и срок их службы во много раз больше, чем широко используемые натриевые лампы. Другим преимуществом этих ламп является возможность регулирования частоты излучения. Хорошо известно, что солнечный свет представляет собой комбинацию излучений с частотами от 400 до 800 нанометров (нм), то есть комбинацию цветов от фиолетового (400нм) до красного (800нм). За миллионы лет растения сформировались при том свете, который мы называем естественным и именно такой полноспектральный свет является предпочтительным. Но на определенных стадиях растениям нужны в большей степени какие то определенные виды спектра.

Много лет такие исследования ведет институт экспериментальной ботаники НАН Беларусии [4]. Специалист этого института Ольга Молчан заявляет, что меняя комбинацию цветов можно сократить сроки созревания, у плодов увеличиваются сроки хранения, снижается содержание нитратов и даже усиливается сопротивление бактериальным и грибковым заболеваниям. Лабораторные анализы показывают, что красный цвет способствует синтезу растворимых углеводов а затем и крахмала. Синий цвет способствует образованию органических кислот и аминокислот а затем и белков.

При начальном росте до начала цветения полезнее синяя составляющая спектра, а в этапе цветения и плодоношения красная.

Если при выращивании рассады соотношение в светодиодах цветов синего и красного должно быть 1 к 1, то на этапе цветения и плодоношения это соотношение должно быть 1 к 4. Это для томатов. Для огурцов это соотношение должно быть 1 к 2. Но для растения нужен еще и зеленый и ультрафиолетовый цвет, то есть в каждом случае должна быть своя оптимальная комбинация.

Выращивание овощей в теплицах под контролем специалистов НАН Беларуси показал, что при правильно подобранных светодиодах не только увеличивается масса собираемых плодов, но и улучшается их качество. В томатах увеличивается содержание антиоксидантов, особенно ликопина, расщепляющего жиры и снижающего риск онкологических заболеваний. Одновременно увеличивается количество сухих веществ и сахаров. Поэтому такие помидоры не только вкуснее, но и полезнее, чем выращенные при обычном освещении.

В РФ в некоторых теплицах сделали замену ламп натриевых на светодиодные. Специалисты теплиц отметили, что стоимость замены ламп в 2,5–3 раза выше, чем при установке натриевых [3]. Кроме того, оказалось, что светодиодные лампы громоздкие и затеняют пространство. Заметного увеличения урожайности овощей не получено, хотя отмечено снижение накопления в овощах нитратов. Повышение урожайности получено при выращивании салатно-зеленых культур.

Этот опыт вызвал у работников теплиц некоторое разочарование. Замена ламп на более экономичные и долговечные оправдана, но ожидать увеличения урожайности можно только после проведения исследований по подбору частот спектра излучения для разных этапов выращивания культур.

В работе [5] предлагается программа таких исследований. Рекомендуется использовать светодиодные ленты и располагать их нужно как можно ближе к растениям. Программа позволяет не только регулировать излучение лентами свет определенных частот, но и усиливать, например красную составляющую спектра.

Предлагаемое использование малогабаритных теплиц на площадях тепличных комплексов позволит провести такие исследования с небольшими затратами.

Следует рассмотреть особенности выращивания электрокультур. Так условно называют технологию выращивания при наличии электрического поля. Исследованиями, которые ведутся уже не один десяток лет, установлено, что фотосинтез идет тем быстрее,

чем больше разность потенциалов между растениями и атмосферой. Пять лет назад в 2018 г. КНР опубликовала результаты исследований, которые проводились в течении 30 лет на площадях 3600 га теплиц, расположенных в разных районах КНР. Над грядками на высоте 3 м были установлены положительно заряженные электроды. Напряжение 50000 вольт. Отрицательно заряженные электроды установлены в почву. Выращивание культур в таком электрическом поле обеспечивает повышение урожайности на 20–30 % [6].

В РФ эти технологии не нашли широкого применения. Основные причины – нестабильность эффективности, необходимость приобретать специальное оборудование, дополнительные затраты электроэнергии, проблемы безопасности персонала. И еще одна причина – биологи не могут объяснить механизм воздействия электрического поля на процессы, происходящие в растениях.

Чтобы определить целесообразность применения электрического поля, необходимо провести целый комплекс исследований, примерный перечень которых приведен ниже.

1. Величина напряжения должна быть безопасной для персонала и достаточной для заметного увеличения скорости процессов, происходящих в растениях.

2. В каких фазах каждого этапа выращивания растений необходимо создание электрического поля, то есть нужно определить для какой фазы напряженность поля должна быть максимальной, а какой минимальной или даже нулевой. Например, процессы при росте и наборе массы растения принципиально отличаются от процессов при этапе созревания плодов и, скорее всего, для созревания плодов электрическое поле может оказаться не нужным.

3. Процессы, происходящие в растениях днем и ночью, существенно отличаются, поэтому необходимо уточнить требуемую интенсивность поля в ночной период.

4. Оценить возможность циклического включения электрического поля, то есть включение должно чередоваться с паузами. Еще в 1920 г Блэкман [6] установил, что после воздействия на проростки зерновых электрическим полем в течение одного часа повышенная скорость роста сохраняется в течение четырех часов после выключения тока. Этот факт дает основание провести такие исследования, то есть определить продолжительность включения и продолжительность паузы.

Биологи могут дополнить эту программу, но в любом случае исследования должны быть проведены агрономами теплиц совместно с биологами по согласованной программе. Эти исследования целесообразно вести в крупных тепличных комплексах, используя малогабаритные теплицы. После этих исследований, когда будут уточнены принципиальные положения, можно будет разработать программу выращивания культуры с использованием электрического поля, вырастить эту культуру, и сравнивая с контрольной группой растений по урожайности, срокам выращивания и дополнительными затратами решить вопрос об эффективности и целесообразности электрокультур.

Таким образом, развитие тепличных хозяйств – это перспективное направление. РФ существенно отстает от стран ЕС по количеству площадей теплиц на 1 млн населения (в ЕС около 350 га, в РФ около 24 га). В последние годы в РФ быстрыми темпами идет строительство фермерских, промышленных теплиц, тепличных комплексов 5 поколения. Эффективность тепличных хозяйств в значительной степени будет определяться уровнем научных знаний специалистов, работающих в этой сфере, умением реализовывать эти знания непосредственно при выращивании культур.

В теплицах 5 поколения вследствие высокой стабильности и управляемости параметров климата создаются благоприятные условия для проведения исследовательских работ. Поэтому, совмещая круглогодичное выращивание овощных культур с исследованиями, крупные комплексы могут стать центрами наукоемких работ по созданию новых сортов, гибридов, по разработке и совершенствованию технологии выращивания культур. Все эти работы необходимо вести совместно с биологами, поскольку самой важной проблемой является понимание процессов, происходящих в растениях. Одновременно это создаст условия для развития и совершенствования производства в РФ оборудования, обеспечивающего автоматизацию процессов в этой сфере.

Следует также учитывать, что кроме овощных и ягодных культур, которые сегодня выращиваются в теплицах, перспективным является выращивание лекарственных растений.

Минсельхоз РФ должен разработать ряд положений, которые создадут заинтересованность у владельцев тепличных комплексов проводить исследования, привлекая биологов.

Выводы

1. Совершенствование технологии выращивания культур в зимних теплицах может быть только при проведении большого объема специальных исследований.

2. В теплицах 5 поколения создаются благоприятные условия для проведения исследований ввиду высокой стабильности и управляемости параметров климата.

3. Исследования целесообразно вести, устанавливая на площадях тепличных комплексов малогабаритных теплиц, в которых можно создавать и регулировать параметры климата, отличающихся от параметров климата большой теплицы.

4. Исследования можно вести по созданию новых сортов, гибридов, по совершенствованию технологии выращивания тепличных культур. Исследования должны вести специалисты тепличных комплексов совместно с биологами.

5. Чтобы обеспечить независимость от ЕС, весь комплекс тепличного оборудования, элементы автоматизации, программы, семена, гибриды – все это должно производиться РФ.

Список источников

1. Технологии пятого поколения промышленных теплиц. – URL: fito –system.ru/Teplicy–pokolenie–5/ (дата обращения: 15.12.2022).

2. Выдержать испытания – обзор тепличной отрасли России. 25.11.2022. – URL: /aqbzgreen.ru/interview/obzor–teplichnoy–otracli–rossii/ (дата обращения: 15.12.2022).

3. ИКАР: Технологии приносящие плоды. Какие новинки внедряются в тепличном овощеводстве. 04.07.2020. – URL: /ikar.ru/press/5956.Html/ (дата обращения: 15.12.2022).

4. Светодиодные лампы обещают в корне изменить растениеводство. – URL: /sb.By/articles/spektr–urozhaynosti.html/ (дата обращения: 15.12.2022).

5. Соцкая, И.М., Адакин Р.Д., Несиоловская Т.Н., Ситчихин М.А. Разработка программы для автоматизированного управления освещением в промышленных теплицах в MASTERSCADA 4D // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 1(57). С. 68–75.

6. Понятов А. Сложная судьба электрокультуры // Наука и жизнь. 2022. № 8. С. 20–30.

УДК 633.16:632.9

АНАЛИЗ РЫНКА АНТИКОРРОЗИОННЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Ассистент М.Ю. Иванов
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Аннотация. На основе представленных на рынке антикоррозионных материалов установлены условия и критерии состояния кузова для их наиболее эффективного применения.

Ключевые слова: антикоррозионные составы, обработка днища, обработка скрытых полостей автомобиля.

MARKET ANALYSIS OF ANTI-CORROSION COMPOSITIONS OF PASSENGER CARS

Assistant M.Yu. Ivanov
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Abstract. Based on the anti-corrosion materials available on the market, the conditions and criteria for the state of the car's body for their most effective use are established.

Keywords: anti-corrosion compositions, underbody treatment, car hidden cavity treatment.

Введение

Антикоррозионная обработка является наиболее эффективным способом продления службы кузовных элементов автомобилей в условиях круглогодичной эксплуатации. Дорожные реагенты оказывают огромное влияние на лакокрасочное покрытие кузова, способствуя разрушению защитного слоя и вызывая коррозию металла [1]. Особенно сильному воздействию реагентов подвергаются в первую очередь днище и пороги автомобиля. Реагенты, смешанные со снегом, имеют тенденцию попадать в места стыков панелей кузова, под пластиковые накладки, и оказывать продолжительное негативное воздействие.

Продукты рынка антикоррозионных материалов

Материалы, представленные на рынке, делятся на несколько групп: составы для скрытых полостей, составы для днища, универсальные составы. Также, антикоррозионные составы помимо наиболее эффективной области применения, имеют разную основу. Наи-

более распространенные составы для обработки скрытых полостей производятся на восковой и масляной основе. Для обработки днища чаще всего используются резинобитумные составы. Большая часть материалов использует растворитель в своем составе, но существуют и антикоррозионные материалы на водной основе.

Анализ составов

Вне зависимости от производителя, как было отмечено выше, антикоррозионные составы имеют схожие свойства, наиболее необходимые для области их применения. Таким образом, составы, используемые для обработки скрытых полостей кузова, таких как: лонжероны, стыки арок внутри задних крыльев, скрытые полости дверей, порогов, должны обладать хорошей проникающей способностью. При нанесении ручным или полуавтоматизированным способом, данные составы должны проникать во все полости и повреждения лакокрасочного или грунтового покрытия кузова для последующего создания непроницаемой восковой или масляной пленки. Эта создаваемая пленка необходима, чтобы закрыть доступ кислорода к воздействию на покрытие металла, открытые его участки или очаги коррозии. Находящиеся в составе ингибиторы коррозии замедляют ее распространение [2]. Важным критерием для таких составов является эластичность получаемой защитной пленки, стойкость покрытия к солевому туману. В качестве примера состава для скрытых полостей на масляной основе, представлен

Метод нанесения:

DINITROL ML наносится распылением путём применения ручного или полуавтоматизированного оборудования безвоздушного или воздушного распыления

Технические данные:

Цвет:	коричневый
Тип плёнки:	Масляно-жировая
Плотность при 23°C:	850 кг/м^3
Вязкость при 23°C: DIN 2	60 s
Содержание сухого вещества:	46%
Точка вспышки:	40°C
Ароматических летучих соединений:	< 1%
Рекомендуемая толщина сухой пленки:	10 µm
Рекомендуемая толщина мокрой пленки	30 µm
Время пленкообразования:	1 ч
Адгезия при низких температурах:	-40° C
Удаляемость:	Dinitrol 7225, уайт-спирит
Воздействие к ЛКМ	отсутствует
Стойкость к солевому туману	96 ч
Пенетрирующие свойства, пленка 50 µm:	> 70 мм
Тара:	500 мл, 1 л., 5 л., 20 л., 60 л., 208 л. , контейнер 1000 л.

Рисунок 1 – Технические данные Dinitrol ML

Составы, используемые для обработки открытых частей кузова автомобиля, таких как днище, арки, ванна багажника, должны обладать хорошей устойчивостью к абразивному воздействию камешков дорог, реагентов, песка. Данные антикоррозионные составы часто представляют собой резино-битумную основу, варьируются наличием ингибиторов, добавлением других компонентов, например, воска. Важным свойством составов для днища и арок является их тиксотропность, способность долго не высыхать внутри, при этом защищая от механического воздействия на поверхности. Примером состава для обработки днища и арок является Dinitrol 482 (рисунок 2).

Метод нанесения:

DINITROL 482 наносится ручным или автоматическим оборудованием воздушного распыления, на чистую поверхность. Шагрень можно видоизменять путем регулировки подачи сжатого воздуха.

Технические данные:

Цвет:	черный
Тип плёнки:	битум, воск
Плотность при 23°C:	1090 кг/м^3
Вязкость при 23°C:	500 mPas
Содержание сухого вещества:	62%
Точка вспышки:	0° C
Рекомендуемая толщина пленки:	300-1000 µm
Время высыхания:	0,5-4 ч
Адгезия при низких температурах:	-20° C
Удаляемость:	Dinitrol Autocleaner 7225, уайт-спирит
Стойкость к высокой температуре:	До +130°C
Стойкость к солевому туману, пленка 300 µm:	1500 ч
Температура нанесения:	15-30 °C

Рисунок 2 – Технические данные Dinitrol 482

Воздействие низких температур также не должно разрушать покрытие и значительно изменять его свойства. При нанесении таких составов на днище и арки необходимо учитывать толщину получаемого защитного слоя, так называемый «сухой остаток», который варьируется в зависимости от состава.

Выводы

Вне зависимости от производителя антикоррозионных составов, основными критериями являются стандарты области применения материалов. Для составов, предназначенных для скрытых полостей автомобиля, необходима высокая проникающая способность, особенно, если металл уже подвергся воздействию коррозии. Составы для обработки днища и арок отличает стойкость к

абразивным воздействиям и воздействиям реагентов, способность оставаться тиксотропичными с течением времени. Для них необходимо создание оптимального по толщине защитного слоя.

Список источников

1. Никитинская М.А., Калаев Р.Э., Маркелова Н.Л. Влияние антиобледенителей на кузовные элементы автомобиля и обувь // Семьдесят четвертая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием сборник материалов конференции. Том Часть 1. Ярославль, 2021 Издательство: Ярославский государственный технический университет (Ярославль). – С. 263–267.

2. Dinitrol : материалы для антикора, шумоизоляции и вклейки стекол. URL: https://dinitrol.su/wp-content/uploads/2018/01/ML-17.04.13.pdf.

3. Dinitrol : материалы для антикора, шумоизоляции и вклейки стекол. URL: https://dinitrol.su/wp-content/uploads/2018/01/482-01.03.10.pdf.

УДК 62-69

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООТДАЧИ ТЕПЛООБМЕННИКОВ ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ПЕЧЕЙ

к.т.н. О.Б. Колибаба
(ФГБОУ ВО ИГЭУ, Иваново, Россия);
доцент Р.Д. Адакин
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Аннотация: в статье рассмотрен вопрос численного моделирования газодинамики в теплообменном аппарате (ТА) хлебопекарной печи. ТА помещен в направляющий кожух, обеспечивающий концентрацию воздушного потока на пучке трубок. На внутренней поверхности кожуха смоделированы дефлекторы, обеспечивающие локальные завихрения, увеличивающие теплоотдачу, отмечены наиболее удачные положения дефлекторов. Зависимость теплоотдачи, скоростей газов от шагов трубок и положения дефлекторов записана в математическом виде.

Ключевые слова: теплообменный аппарат, численное моделирование, уравнение Навье-Стокса для газа.

INTENSIFICATION OF HEAT TRANSFER PROCESSES OF HEAT EXCHANGERS OF BAKING OVENS

Candidate of Technical Sciences O.B. Kolibaba
(ISPU, Ivanovo, Russia);
docent R.D. Adakin
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia);

Abstract. The article considers the issue of numerical simulation of gas dynamics in a heat exchanger (TA) of a bakery oven. The TA is placed in a guide casing that ensures the concentration of air flow on the bundle of tubes. Deflectors are modeled on the inner surface of the casing, providing local vortices that increase heat transfer, and the most successful positions of deflectors are marked. The dependence of heat transfer, gas velocities on the steps of the tubes and the position of the deflectors is written in mathematical form.

Keywords: heat exchanger, numerical simulation, Navier-Stokes equation for gas.

Введение

В настоящее время основными задачами в промышленной теплоэнергетике является создание энергетически эффективных теплообменных аппаратов в общем для промышленности и в частности для хлебопекарных печей. Для этого применяются конструкционные методы, интенсифицирующие процесс теплоотдачи. Существуют различные способы интенсификации. Такие теплообменные аппараты (ТА) получаются эффективными, меньше потребляют топлива для выхода на рабочие температуры [1–3].

Существующие методы интенсификации [4–5]:

• установка оребрений, завихрителей, нанесение шероховатостей, выпуклостей различной формы на поверхности теплообмена;

• установка углублений, лунок различных форм на поверхностях теплообменной части;

• установка заслонок по бокам ТА в газовом тракте.

Проблема, возникающая при интенсификации:

• при росте теплоотдачи возрастает и сопротивление в межтрубном пространстве ТА, что влечет за собой установку более мощного вентилятора.

Конструкторское решение является удачным, если оно позволяет получить процент прироста теплоотдачи при меньших значениях сопротивления.

Численное моделирование

Численное моделирование позволяет составить и рассчитать по формулам эффективность теплоотдачи. По этим данным можно сделать вывод о том, какое конструкторское решение приводит к наиболее хорошим результатам. Расчет возможно проводить имеющимся математическим аппаратом либо в специализированных программах на ПК [6-7].

При расчете используют уравнение Навье-Стокса для газа:

$$\rho \frac{dw_x}{d} = -\frac{\partial P}{\partial x} + \left(\nabla^2 w_x + \frac{1}{3}\frac{\partial}{\partial x}\right)$$

$$\rho \frac{dw_y}{d} = -\frac{\partial P}{\partial y} + \left(\nabla^2 w_y + \frac{1}{3}\frac{\partial}{\partial y}\right)$$

$$\rho \frac{dw_z}{d} = -\frac{\partial P}{\partial z} + \left(\nabla^2 w_z + \frac{1}{3}\frac{\partial}{\partial z}\right),$$

где ρ – плотность газа;

μ – динамическая вязкость газа;

w_x, wy, w_z – составляющие скорости воль осей x, y и z;

$\frac{dw_x}{d}, \frac{dw_y}{d}, \frac{dw_z}{d}, \frac{\partial P}{\partial x}, \frac{\partial P}{\partial y}, \frac{\partial P}{\partial z}$ – проекции ускорения и силы давления на оси координат x, y и z;

τ – время;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

$$\nabla^2 w_x = \frac{\partial^2 w_x}{dx^2} + \frac{\partial^2 w_x}{dy^2} + \frac{\partial^2 w_x}{dz^2}$$

$$\nabla^2 w_y = \frac{\partial^2 w_y}{dx^2} + \frac{\partial^2 w_y}{dy^2} + \frac{\partial^2 w_y}{dz^2}$$

$$\nabla^2 w_x = \frac{\partial^2 w_z}{dx^2} + \frac{\partial^2 w_z}{dy^2} + \frac{\partial^2 w_z}{dz^2}$$

∇^2 – оператор Лапласа (сумма вторых производных по осям координат);

$\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z}$ – именение скорости по осям координат x, y и z, связанное с действием сил сжатия и растяжения;

Ввод исходных данных в модель позволяет создать граничные условия, в которых будет работать теплообменный аппарат, рисунок 1. Объемное трехмерное моделирование позволяет получить:

распределение температур по поверхности теплообмена, потери давлений между трубками, расходы газов, рисунок 2 [8].

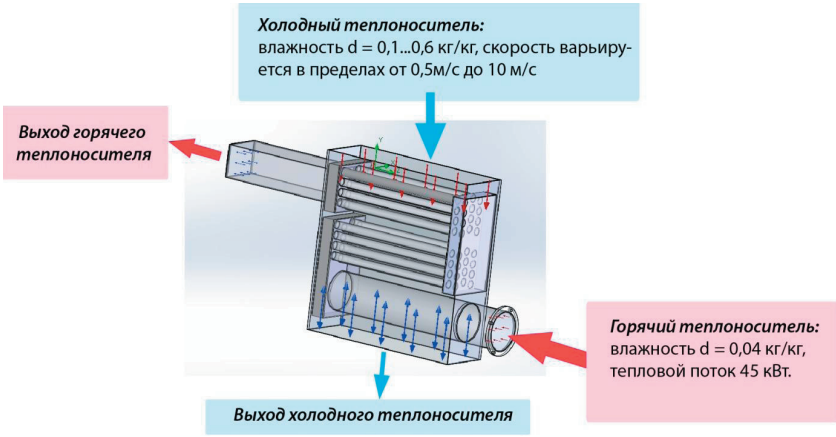


Рисунок 1 – Создание граничных условий
на модели теплообменного аппарата

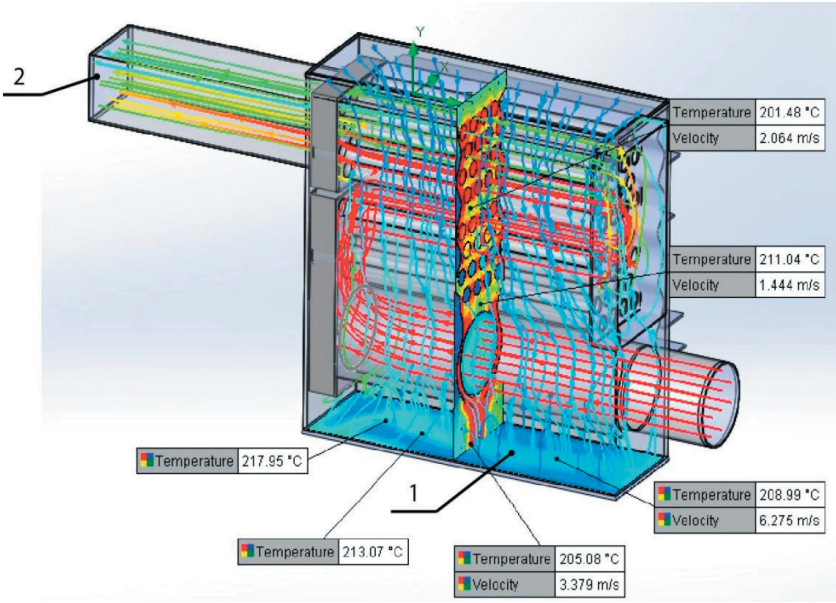


Рисунок 2 – Распределение температур и скоростей газов

Варьирование величиной вылета дефлекторов до трубки ТА и углом их наклона (рисунок 3, рисунок 4), позволило определить

наиболее эффективные положения, обеспечивающие хорошую теплоотдачу, рисунок 5.

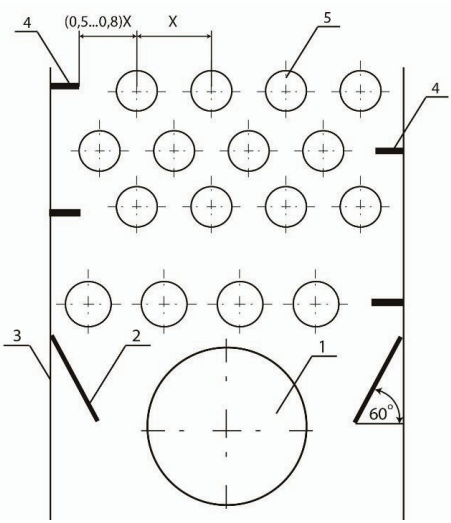
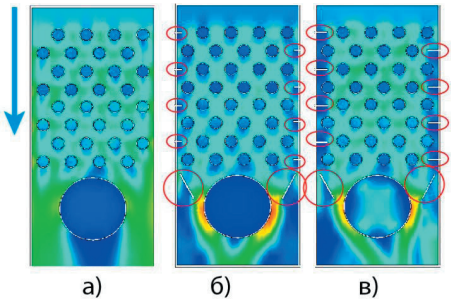


Рисунок 3 – Схемы расположения дефлекторов

Установлены также дефлекторы, направляющие воздух на камеру сгорания, для более эффективного съема тепла (показаны большим кружком, рисунок 4).



а) без боковых дефлекторов на корпусе;

б) дефлекторы, положение 1;

в) дефлекторы, положение 2.

Рисунок 4 – Варианты расположения дефлекторов

Испытания показали, что дефлекторы способствуют увеличению теплоотдачи, причем дефлекторы положения 2 показали наилучший результат по сравнению с дефлекторами положения 1, рисунок 5. Теплоотдача увеличивается от 10 до 40 %, при росте скорости холодного теплоносителя.

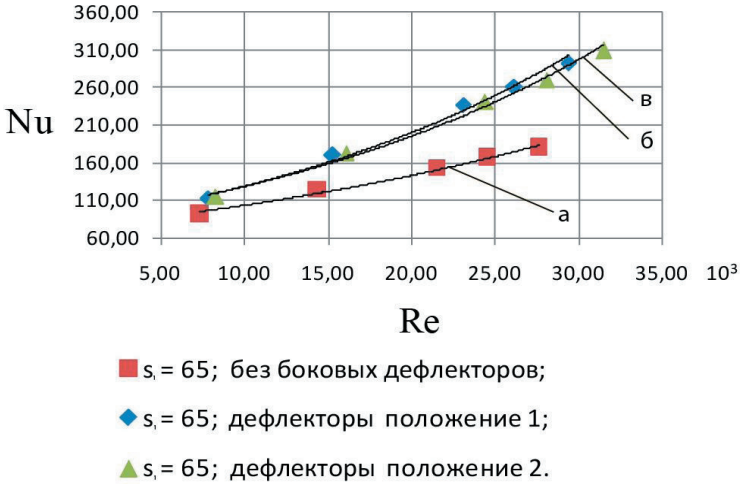


Рисунок 5 – График функции Nu от Re в зависимости от положения дефлекторов

Полученные зависимости теплоотдачи, скорости теплоносителей и потери давлений для представленной конструкции ТА записаны в виде уравнения

$$Nu = 0.4Re^{0.974}\left(\frac{S_1}{d_т}\right)\left(\frac{S_2}{d_т}\right)\left(\frac{S_3}{d_т}\right)\cdot 10^{-2},$$

где S_1, S_2, S_3 – это геометрические зависимости расположения трубок ТА, рисунок 6.

$d_т$ – диаметр трубок.

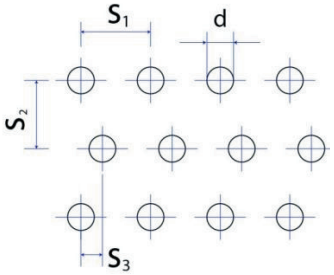


Рисунок 6 – Обозначение шагов трубок теплообменника

Выводы

• Проведен трехмерный численный расчет работы теплогенератора, в ходе которого определены наиболее эффективные схемы

расположения трубок теплогенератора и оптимальные параметры дефлекторов, формирующих поток нагреваемого воздуха увеличивающих теплоотдачу 10... 40%, существенно повышая КПД теплогенератора

• Получено новое критериальное уравнение для влажного воздуха при следующих условиях: влагосодержание d = 0,4 кг/кг, температура tx = 200...210 °С, скорости теплоносителя Vx = 4 м/с, при $R_e = 3 \cdot 10^3$ и $S_1/d = 2{,}2$ $S_2/d = 1{,}5$ $S_3/d = 1{,}2$.

• $Nu = 0.4Re^{0.974}\left(\frac{S_1}{d_т}\right)\left(\frac{S_2}{d_т}\right)\left(\frac{S_3}{d_т}\right) \cdot 10^{-2}$

• Определены оптимальные параметры дефлекторов, формирующих поток нагреваемого воздуха. Эти элементы дополнительно увеличивают теплоотдачу 10...40%, существенно повышая КПД теплогенератора.

Список источников

1. Адакин, Р.Д. Computer modelling regenerative heat generator for the purpose of optimization and constructive refinement / Адакин Р.Д., Несиоловский О.Г. // Энергетик. 2018. № 8. С. 41–43.

2. Адакин, Р.Д. Компьютерное моделирование процессов теплоотдачи теплогенератора хлебопекарной печи при различной влажности и скорости движения холодного теплоносителя – воздуха / Адакин Р.Д., Несиоловский О.Г. // История и перспективы развития транспорта на севере России. 2018. № 1. С. 98–100.

3. Петухов, Б.С., Широков В.К. Справочник по теплообменникам / Перевод с англ. М.: Энергоатомиздат, 1987. – 560 с.

4. Несиоловский, О.Г. Компьютерное моделирование тепловых процессов в теплогенераторах хлебопекарных печей / Несиоловский О.Г., Адакин Р.Д. // Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 2 (42). С. 74–77.

5. Несиоловский, О.Г. Некоторые особенности теплового расчета теплогенераторов малой мощности / Несиоловский О.Г., Адакин Р.Д. // История и перспективы развития транспорта на севере России. 2017. № 1. С. 156–159.

6. Патент на изобретение RU 2555624 C2, 10.07.2015. Теплогенератор с трубчатым теплообменником / Несиоловский О.Г., Адакин Р.Д. Заявка № 2012131374/06 от 20.07.2012

7. Несиоловский, О.Г. Ограничения, накладываемые на теплогенератор конструкцией хлебопекарной печи / Несиоловский О.Г.,

Адакин Р.Д. // История и перспективы развития транспорта на севере России. – 2015. – № 1. – С. 142–144.

8. Несиоловский, О.Г. Анализ конструкций теплогенераторов/ Несиоловский О.Г., Адакин Р.Д. // История и перспективы развития транспорта на севере России. – 2014. – № 1. – С. 149–151.

УДК 631.84

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОБИЛЬНОГО, УНИВЕРСАЛЬНОГО, МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ АГРОХИМИЧЕСКИХ РАБОТ В ПОЛЕВОДСТВЕ

д.т.н. В.А. Милюткин
(ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, Кинель, Самарская обл., Россия)

Аннотация. В статье рассматривается экспертная оценка и материалы экспериментальных исследований эффективности мобильного, универсального, многофункционального агрегата «Туман» предприятия ООО «Пегас-Агро» (г. Самара) для агрохимических работ в полеводстве по внесению жидких и твердых минеральных удобрений. Основу агрегата составляет транспортно-энергетическое средство с возможностью его однооперационного использования с одним рабочим модулем или многофункционально при наличии комплектов технологических модулей для внесения жидких, твердых минеральных удобрений, а также – защиты растений. «Туман» является в АПК РФ высокоэффективным, инновационным агрегатом.

Ключевые слова: полеводство, агрохимия, удобрения, защита, растения, агрегат, мобильный, многофункциональный.

STUDY OF EFFICIENCY OF MOBILE, UNIVERSAL, MULTIFUNCTIONAL UNIT FOR AGROCHEMICAL WORKS IN FIELD CULTIVATION

Doctor of Technical Sciences V.A. Milyutkin
(FSBEI HE Samara SAU, Kinel, Samara Region, Russia)

Abstract. The article considers the expert assessment and materials of experimental studies of the effectiveness of the mobile, universal, multifunctional unit «Fog» of the enterprise Pegas-Agro LLC (Samara) for agrochemical work in field farming for the application of liquid

and solid mineral fertilizers. The aggregate is based on a transport and energy facility with the possibility of its single-operation use with one working module or, in the presence of sets of process modules for application of liquid and solid mineral fertilizers, as well as plant protection. «Fog» is a highly efficient, innovative unit in the agro-industrial complex of the Russian Federation.

Keywords: field cultivation, agrochemistry, fertilizers, protection, plants, aggregate, mobile, multifunctional.

Методика

Актуальнейшие задачи перед агропромышленном комплексом, в том числе и в России, по наращиванию производства продуктов питания, особенно в засушливых условиях, решаются совершенствованием всех элеме-нтов интенсивных производственных технологий и технических средств [1–5]. При этом все в большей степени разрабатываются так называемые «составные сельскохозяйственные агрегаты» [6] с возможностью существенного изменении качеств и свойств основных составляющих модульной структуры агрегата. Примером такого модульного построения технологических систем сельскохозяйственных агрегатов со сменяемыми модулями-адаптерами в полной степени отвечает российский комплекс для агрохимических работ в полеводстве «Туман» предприятия ООО «Пегас-Агро» (г. Самара). Комплекс «Туман» [7–8] в основе своей имеет единое трехосное транспортно-энергетическое средство, на которое монтируются сменяемые модули-адаптеры (технологические системы). При экспертном анализе «составного сельскохозяйственного агрегата» «Туман» просматривается идеология построения машины с возможностью использования полного комплекта его технологических модулей практически для всех агрохимических работ. Для обоснования степени соответствия системы машин комплекса «Туман» понятию «составные сельскохозяйственные агрегаты», рассмотрим его по схеме интегрального модуля на базовой самоходной платформе с четырьмя технологическими агрегатами (рисунок 1): 1 – разбрасыватель твердых минеральных удобрений «Туман-2»; 2 – штанговый опрыскиватель «Туман-2(3)» для химических средств защиты растений и внесения жидких минеральных удобрений; 3 – инновационный агрегат мультиинжектор «Туман-2М» для внутрипочвенного внесения жидких удобрений; 4 – вентиляторный опрыскиватель

«Туман-1». Преимущество модульной системы заключается в возможной перекомплектации агрегата необходимым оборудованием работ в течение короткого времени – пяти часов (рисунок 1).

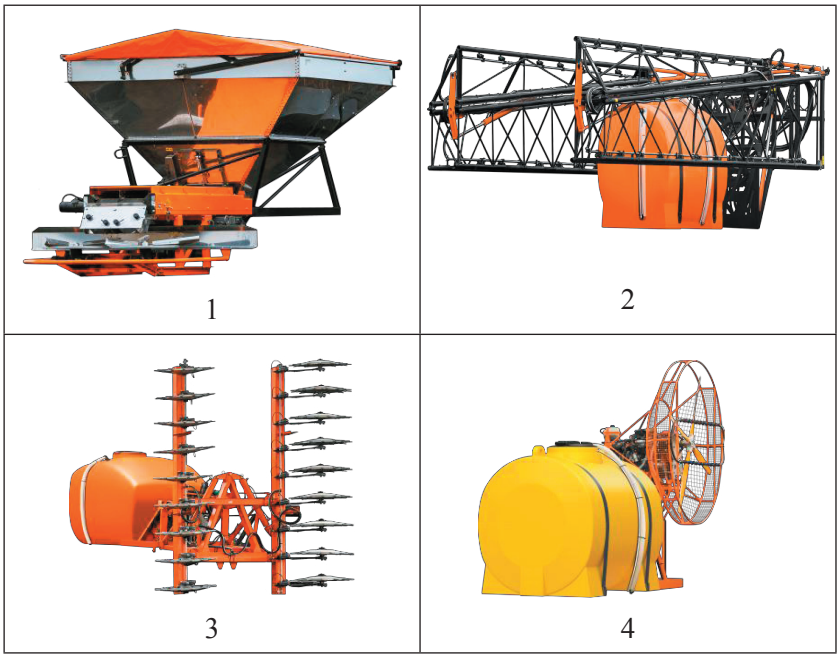


Рисунок 1 – Интегральный многооперационный самоходный комплекс «Туман» ООО «Пегас-Агро» с полным комплектом технологического оборудования

То есть, если обозначить общий сезонный объем агрохимических работ (га) комплекса «Туман» через ОР, то при замене

технологических модулей, в зависимости от плана агрохимических работ, он может выполнять следующими технологических операций: ВУО – внесение жидких удобрений опрыскивателем, ВУМ – внесение жидких удобрений мультиинжектором, ВУР – внесение твердых удобрений разбрасывателем, ХЗО-химическая защита посевов опрыскивателем:

$$ОР = ВУО + ВУМ + ВУР + ХЗО.$$

При этом следует руководствоваться тем, что такой подход к комплектации комплекса «Туман» различными технологическими модулями эффективен и экономичен в основном для средних и малых агропредприятий, когда ОР выполняются одним агрегатом «Туман» с перестановкой модулей в агротехнические сроки. Для крупных агропредприятий эффективной комплектацией остается формирование машинного парка самостоятельными однооперационными агрегатами «Туман» в количествах, также обеспечивающих выполнение агрохимических работ в агротехнические сроки, то есть агрегатов должно быть несколько в зависимости от площади сельхозугодий и планируемых технологических работ.

Технологический комплекс «Туман» создан в соответствии со всеми мировыми техническими требованиями к продукции данного вида [9-10], а в настоящее время ООО «Пегас-Агро» со своими машинами переходит на новые модели с более прогрессивным оформлением внешнего вида, просторной и комфортной для обслуживающего персонала кабиной. В 2022 году штанговый опрыскиватель «Туман-3» (рисунок 2) в новой комплектации и внешним видом демонстрировался на выставке «Золотая осень-2022» (г. Москва), где был удостоен золотой медали и получил высокую оценку от председателя правительства Российской Федерации М. Мишустина с предложением руководству ООО «Пегас-Агро» об значительном увеличении объемов производства продукции – свыше 1000 шт. в год с государственной поддержкой через АО «Росагролизинг» (Пост. 1432).

Массовое производство техники «Туман» ООО «Пегас-Агро» и широкое их внедрение в агропромышленном комплексе, является прогрессивным для России решением в условиях международных санкций и импортозамещения технических средств в АПК отечественной продукцией.

Рисунок 2 – Новое поколение «Туман» – опрыскиватель «Туман-3»

Результаты

Направления деятельности ООО «Пегас-Агро» при использовании интенсивных технологий связаны с большой потребностью АПК в машинах для внесения всех видов минеральных удобрений и средств защиты в полеводстве. Этому также способствует наличие в Самарском регионе крупнейших в России химических предприятий по производству азотных минеральных удобрений: ПАО «КуйбышевАзот» и «ТольяттиАзот». Учитывая промышленный потенциал области и специфику своей профессиональной деятельности, Самарский государственный аграрный университет в течение ряда лет, сотрудничая с данными предприятиями, проводит научные исследования по совершенствованию технологий производства сельхозпродукции за счет увеличения агрохимических мероприятий при применении производимых в области удобрений и машин для их внесения. В частности на опытных полях Самарского ГАУ изучается эффективность минерального питания озимой пшеницы сорта «Базис» (селекции Самарского НИИСХ) азотными удобрениями ПАО «Куйбышев Азот» как в твердом виде – аммиачная селитра, так и в жидком-карбамидно-аммиачная смесь КАС (КАС-32, КАС + S) техникой «Туман» ООО «Пегас-Агро».

По программе исследований с учетом плодородия почвы и планируемой урожайности в опытах Самарского ГАУ изучались: азотные твердые удобрения – аммиачная селитра с нормой 120кг/га, внесенные разбрасывателем «Туман-2» (контроль) (рисунок 3а) и жидкие-КАС-32 и КАС + S в разных дозах внесения опрыскивателем «Туман-2» (рисунок 3б) и инновационным агрегатом мультиинжектором «Туман-2М» (рисунок 3в) [3–8].

а)

б)

в)

а) – разбрасыватель твердых минеральных удобрений; б) – штанговый опрыскиватель; в) – мульти-инжектор для жидких минеральных удобрений. Рисунок 3 – Техника ООО «Пегас-Агро»

Так, при внесении жидких удобрений КАС + S при подкормке озимой пшеницы сорта «Базис» в фазу кущения мульти-инжектором в 2021 году – благоприятном по погодным условиям, урожайность по сравнению с контролем (аммиачная селитра) возросла с 51,7 до 65,5 ц/га – или до 26,7%, при добавлении в КАС + S гумата калия – 5 л/га и микроэлементов – Gu, Zn, Br по 0,5 кг/га урожайность пшеницы возросла до 76,9 ц/га или на 48,7 % (рисунок 4).

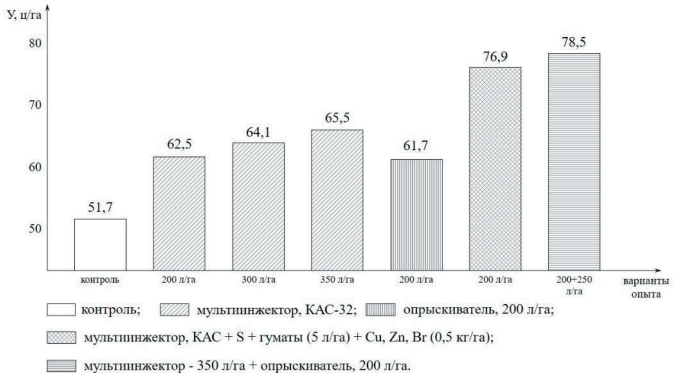


Рисунок 4 – Влияние видов удобрений (ПАО «КуйбышевАзот»), способов (ООО «Пегас-Агро») и норм внесения на урожайность озимой пшеницы «Базис»

При внесении, в качестве весенней подкормки, на озимой пшенице 200 л/га КАС-32, урожайность возросла относительно контроля равноценно.

Выводы

Проведенными исследованиями обоснована инновационная эффективная технология внесения жидких азотных минеральных удобрений КАС-32 и КАС + S с применением инновационного агрегата «Туман» ООО «Пегас-Агро» со сменными технологическими модулями.

Список источников

1. Милюткин В.А., Макушин А.Н., Длужевский Н.Г., Сысоев В.Н. Повышение эффективности производства сельхозкультур в засушливых климатических условиях применением жидких минеральных удобрений // Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса. Сб. материалов Международной научно-практической конференции. с. Соленое Займище, 2020. – С. 186–191.

2. Лазарев В.И., Гаврилова Т.В. Эффективность применения препарата КАС-32 на посевах яровой пшеницы // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов. Сб. докладов Международной научно-практической конференции. Курск, 2020. – С. 56–60.

3. Аканов Э.Н., Визирская М.М., Аканова Н.И. Агроэкологическая оценка эффективности применения тиосульфата аммония в смеси с КАС-32 //Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. – № 5. – С. 4–7.

4. Петров А.Ф., Мармулев А.Н., Митракова А.Г., Коробова Л.Н. Эффективность применения жидких азотных удобрений на посевах яровой пшеницы // Инновации и продовольственная безопасность. 2019. № 2 (24). С. 119–124.

5. Милюткин В.А., Сысоев В.Н. Макушин А.Н., Длужевский Н.Г., Богомазов С.В. Преимущество жидких минеральных удобрений на базе КАС-32 по сравнению с твердыми-аммиачная селитра на подсолнечнике и кукурузе // Нива Поволжья. – 2020. – №3(56). – С. 73–79.

6. Гуляев В. П. Сельскохозяйственные машины: учебное пособие. – Санкт Петербург: Лань, 2020. – 140 с.

7. Милюткин В.А., Гужин И.Н., Толпекин С.А. Оптимальные решения агрохимических задач при возделывании сельхозкуль-

тур единой системой агрегатов «Туман…» ООО «Пегас-Агро» // Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов. Сборник докладов IV Международной научно-практической конференции. Курск, 2022. – С. 201–206.

8. Милюткин В.А., Длужевский Н.Г., Цирулев А.П., Попов А.В. Исследование эффективности инновационной технологии внесения жидких удобрений КАС внутрипочвенно и поверхностно агрегатами «Пегас-Агро» // Актуальные вопросы агропро-мышленного комплекса России и за рубежом. Материалы всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием, посвященной 85-летию со дня рождения Заслуженного работника высшей школы РФ, профессора, доктора сельскохозяйственных наук Хуснидинова Ш. К. Молодежный. – 2021. – С. 114–121.

9. Милюткин В.А. Инновационные техника и технологии применения жидких удобрений КАС в регионах с недостаточным увлажнением при прогнозируемом глобальном потеплении : монография. Кинель, 2021. – 181 с.

10. Милюткин В.А., Буксман В.Э. Инновационные технические решения для внесения жидких и твердых минеральных удобрений одновременно с посевом // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 10. – С. 16–21.

УДК 631.84

ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ПРОИЗВОДСТВА КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

д.т.н. В.А. Милюткин; д.т.н. Ю.А. Киров;
аспирант В.Ю. Киров
(ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, Кинель, Самарская обл., Россия)
академик МААО, чл.кор. МАНЭБ И.В. Бородулин;
инженер Е.А. Агарков
(ООО «ЭКОВОЛГА», Самара, Россия)

Аннотация. В статье рассматривается научно-техническое предложение, подкрепленное несколькими изобретениями-патентами, по разработке технологии производства комплексных, слож-

ных органических удобрений для повышения плодородия почвы на основе природных составляющих: сапропеля (удобрение, состоящее из перегнивших остатков флоры и фауны), сине-зеленых водорослей (насыщенных азотом) и жидкого навоза-на-возной жижи (ценное быстродействующее азотно-калийное удобрение) с полезными макро и микроэлементами. Производство и применение данных удобрений решает две народнохозяйственные проблемы: эффективная экологическая утилизация отходов производства и улучшение плодородия почвы за их счет. Представленные разрабатываемые технические решения повышают эффективность технологий возделывания сельхозкультур с одновременным энергосбережением при мелиорации почвы.

Ключевые слова: почва, плодородие, удобрения, органика, навоз, сапропель, донные отложения, сине-зеленые водоросли, технологии, техника.

TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SUBSTANTIATION OF ENERGY-SAVING PRODUCTION OF COMPLEX FERTILIZERS ON THE ENVIRONMENTAL BASIS

Doctor of Technical Sciences V.A. Milyutkin;
Doctor of Technical Sciences Yu.A. Kirov;
postgraduate student V.Yu. Kirov;
(FSBEI HE Samara SAU, Kinel, Samara Region, Russia)
Academician of the IAAO,
Corresponding Member MANEB I.V. Borodulin;
engineer Agarkov E.A.
(LLC «ECOVOLGA», Samara, Russia)

Abstract. The article discusses a scientific and technical proposal, supported by several patent inventions, for the development of a technology for the production of complex, complex organic fertilizers to increase soil fertility based on natural components: sapropel (a fertilizer consisting of decayed remains of flora and fauna) and liquid manure-slurry (a valuable fast-acting nitrogen-potassium fertilizer) with useful macro and microelements. The production and use of these fertilizers solves two national economic problems: effective environmental utilization and improvement of soil fertility at their expense. The presented developed technical solutions increase the

efficiency of crop cultivation technologies with simultaneous energy saving of the agro-industrial complex.

Keywords: soil, fertility, fertilizers, organic matter, manure, sapropel, bottom sediments, SZV, technologies, equipment.

Сохранение и повышение плодородия почвы – сегодня главнейшие задачи в АПК, а с учетом возрастающего значения важнейшего элемента плодородия – гумуса наиболее востребованными становятся органические удобрения наряду с обязательным применением минеральных удобрений.

К наиболее эффективным органическим удобрениям относятся навоз животных, навозная жижа, сапропель – донные отложения водоемов, синезеленые водоросли, сидераты и др. Самарский государственный аграрный университет-Самарский ГАУ, решая проблемы эффективного применения в полеводстве органических удобрений (д.с-х.н. профессор Зудилин С.Н., д.т.н., проф., академик МААО Киров В.А.), донных отложений и синезеленых водорослей – СЗВ водоемов (Заслуженный деятель науки России, д.т.н., проф., академик МАНЭБ и МААО Милюткин В.А.) совместно с ООО «ЭКОВОЛГА» (директор Агарков Е.А., академик МААО, чл. кор. МАНЭБ, учредитель Бородулин И.В.), разрабатывают технические средства для технологий производства комплексных, высокоэффективных органических удобрений для использования их в полеводстве [1–5; 16].

Методика

Создание комплексного удобрения из сапропеля и навозной жижи с обоснованием необходимых технических средств решает задачу получения многокомпонентной с макро-микроэлементами питательной среды в жидком виде для эффективного возделывания сельхозкультур. Технология подготовки и внесения жидких удобрений представляется в классическом виде из сборника удобрений – лагуны с перемешивающим устройством, дизельной насосной станции, магистрального шланга, буксируемого шланга, буксирующего трактора с аппликатором (рисунок 1). Комплексно исследуя и совершенствуя технологию подготовки баковой смеси жидких удобрений из сапропеля с навозной жижей с объединением положительных эффектов от каждого вида составляющих удобрений и решением острых экологических проблем утилизации отходов производства, нами предложены новые инновационные

решения по сбору сапропеля, СЗВ и их качественного при-готовления в специальных лагунах вместе с навозной жижей [6–9].

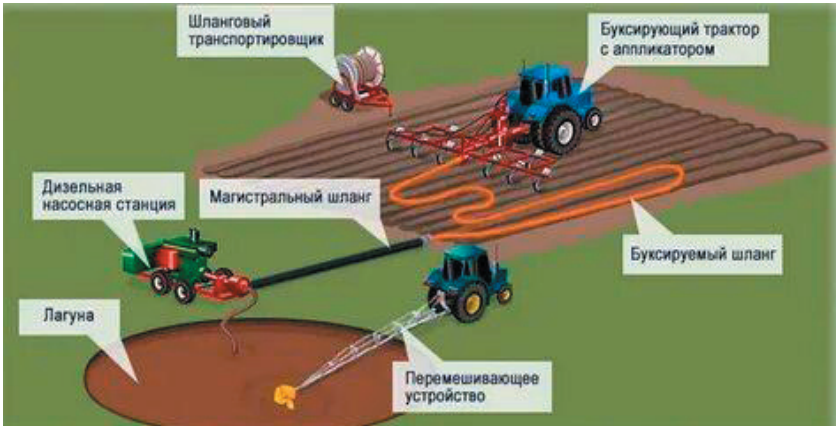
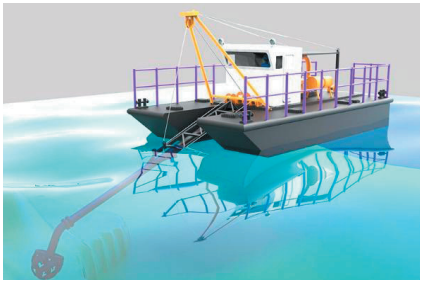


Рисунок 1 – Технология и технические средства приготовления и внесения комплексных жидких органических удобрений (открытые источники)

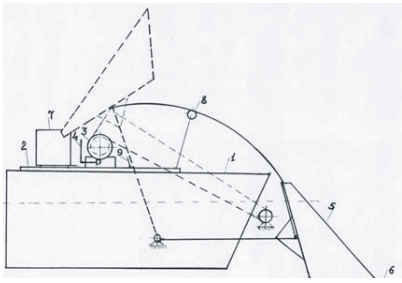
В частности для исследовательских работ при разработке сапропеля, которого в РФ насчитывается огромное количество – около 92 млрд т, ООО «ЭкоВолга» использует мини-земснаряд «Крот» (рисунок 2 а) для обоснования конструкций агрегатов для сбора донных отложений в водоемах [10–12] и сине-зеленых водорослей (рисунок 2 б, в, г) [13–15] для смешивания их до гомо-генного состояния специальными устройствами (рисунок 3) [6–9] с навозной жижей в подготовленных лагунах (рисунок 1). При этом предлагаемое смешивание питательных сред и получение комплексного удобрения позволит расширить действие сапропеля, сине-зеленых водорослей и жидкого навоза, так как наличие в каждом отдельном удобрении различных по содержанию питательных элементов обогащает в целом баковую смесь. Навозная жижа является ценным быстродействующим азотно-калийным удобрением, содержащим 0,2–0,3% N и 0,4–0,5% K_2O. Сапропель – органическое удобрение и содержит: углерода 57%, кислорода 33%, водорода 7%, серы 2%, азота до 6%, а также гуминовые кислоты и витамины. По количеству азота экзотические удобрения, к которым относятся СЗВ, превосходят навоз.

Для добычи сапропеля (донных отложений в водоемах) ООО «ЭкоВолга» совместно с Самарским ГАУ разработали следу-

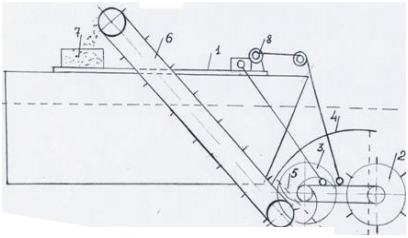
ющие технические устройства (рисунок 2): 2 а – устройство для очистки водоемов от донных отложений (пат. № 2614877), которое содержит плав-средство 1, раму 2, двухбарабанную лебедку 3 с реверсом 4, ковш 5 с зубьями 6, бункер-накопитель 7, поддерживающий ролик 8, упор 9. При поступательном движении плавсредства 1 двухбарабанная лебедка 3 управляет ковшом 5 в варианте опускания. Достигнув дна водоема, ковш с помощью зубьев 6 обеспечивает забор грунта. После наполнения ковша с помощью реверса 4 лебедка переводится в режим подъема ковша. Достигнув упора 9, содержимое ковша сбрасывается в бункер-накопитель 7 и доставляется к месту утилизации.



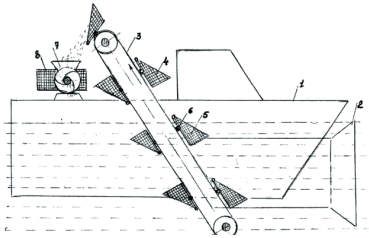
а)



б)



в)



г)

а) – земснаряд «Крот»; б) – устройство для очистки водоемов от донных отложений (пат. у. № 2614877), в) – устройство для сбора донных отложений в водоемах (пат.п. м. № 175422), г) – агрегат для очистки водоемов от водорослей (пат. у. № 2596017).

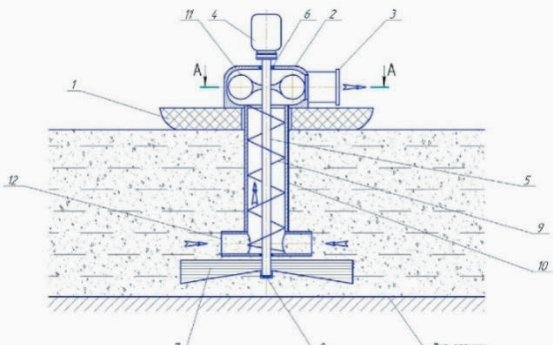
Рисунок 2 – Устройства для сбора донных отложений (сапропеля) и СЗВ

Устройство (рисунок 2 б) (пат. № 175422) для сбора донных отложений в водоемах работает с помощью комбинированного рабочего органа, состоящего из зубового барабана и шнека. Данное

устройство содержит раму 1, смонтированную на плавсредстве, зубовый барабан 2, выполненный заодно со шнеком 3. С одной стороны кожуха 4 шнека расположено окно 5 для подачи органической массы на транспортер 6, на выходе которого установлен бункер-накопитель 7. Подъем и опускание зубового барабана со шнеком обеспечивается лебедкой 8, ограничитель 9 регулирует заданную глубину работы зубового барабана и шнека. При поступательном движении плавсредства лебедка 8 растормаживается, зубовый барабан 2 со шнеком 3 опускаются на дно водоема, врезается в иловый грунт, разрушает его и подает шнеком 3, к окну кожуха 4 шнека, а транспортером 5 – в бункер-накопитель 7.

При приготовлении баковой смеси из сапропеля – донных отложений водоемов, СЗВ и навозной жижи важным условием является обеспечение однородности комплексного удобрения интенсивным перемешиванием разработанными нами устройствами насос-понтонами для гомогенизации и перекачки жидких удобрений (3 пат. на полезную модель) (рисунок 3) [6–9].

Насос-понтон (рисунок 3 а) для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений содержит понтон с размещенной на нем нагне-



а)

б)

Рисунок 3 – Насос-понтон (а) – для гомогенизации в лагуне и перекачка жидких органических удобрений (патенты № 213980, 212417, 212418), лагуна (б) для приготовления комплексных удобрений

тательной камерой с патрубком, механизм привода, соединенный с вертикальным валом, на котором закреплены измельчающий и перемешивающий рабочий орган, выполненный в виде лопастей с продольными отверстиями, транспортирующий шнек, установленный в кожухе, соединенный с нагнетательной камерой, и лопатки, размещенные внутри нагнетательной камеры, а также сообщенную с полостью кожуха транспортирующего шнека приемную камеру, установленную в нижней части кожуха. Технический результат состоит в повышении эффективности гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений из лагун животноводческих комплексов (рисунок 3 б).

Выводы

В целом предложенные технологии сбора природных составляющих, как правило – отходы производства, и приготовления из них жидких комплексных органических удобрений из сапропеля, сине-зеленых водорослей и навозной жижи с соответствующим инновационным оборудованием чрезвычайно востребованы, эффективны и отвечают общей задаче энерго- и ресурсосбережения и экологии в агропромышленном комплексе.

Список источников

1. Милюткин В.А., Милюткин А.В., Золатарев И.Н., Шишкевич М.Ю. Нужны неотложные меры по воспроизводству плодородия почв / В.А. Милюткин, А.В. Милюткин, И.Н. Золатарев, М.Ю. Шишкевич // Земледелие. 1998. № 6. С. 16–17.

2. Милюткин В.А., Бородулин И.В., Агарков Е.А., Розенберг Г.С. Совершенствование технологий и технических средств для сбора донных отложений с их использованием в качестве органических удобрений / В.А. Милюткин, И.В. Бородулин, Е.А. Агарков, Г.С. Розенберг // Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности. Сборник статей по материалам Международной научной экологической конференции. – 2018. – С. 165–167.

3. Милюткин В.А., Бородулин И.В., Агарков Е.А. Эффективность очистки водоемов от донных отложений: экология и удобрения для органического земледелия (технико-технологические направления мелиорации водоемов) / В.А. Милюткин, И.В. Бородулин, Е.А. Агарков // Экологическая безопасность в техносферном пространстве. Сборник материалов V Международной науч-

но-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов. Екатеринбург, 2022. – С. 226–231.

4. Бородулин И.В., Милюткин В.А., Розенберг Г.С. Разработка технологий и технических средств для сбора и утилизации сине-зеленых водорослей / И.В. Бородулин, В.А.Милюткин, Г.С. Розенберг // Инновационные подходы к обеспечению устойчивого развития социо-эколого-экономических систем. Материалы III Международной конференции, посвященной 85-летию Самарского государственного экономического университета. – 2016. – С. 125–132.

5. Милюткин В.А., Марковский А.А., Науметов Р.В. Использование сидератов в лесостепи Поволжья / Милюткин В.А., Марковский А.А., Науметов Р.В. // Земледелие. – 1999. – № 6. – С. 22–23.

6. Насос-понтон для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений: пат. на полезную модель 212417 U1 Рос. Федерация: МПК A01C3/00; F04D3/00 / Киров Ю.А., Котов Д.Н., Милюткин В.А., Киров В.Ю., Киров В. А., Кирова Ю.З., Денисов С.В., Жильцов С.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет». – заяв. № 2022111686; заявл. 28.04.2022; опубл. 21.07.2022.

7. Насос-понтон для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений: пат. на полезную модель 212418 U1 Рос. Федерация: МПК A01C3/00; F04D3/00 / Киров Ю.А., Котов Д.Н., Милюткин В.А., Киров В.Ю., Киров В. А., Кирова Ю.З., Денисов С.В., Жильцов С.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет». – заяв. № 2022112515; заявл. 11.05.2022; опубл. 21.07.2022.

8. Насос-понтон для гомогенизации и перекачки жидких органических удобрений: пат. на полезную модель 213980 U1 Рос. Федерация: МПК A01C3/00; F04D3/00 / Киров Ю.А., Котов Д.Н., Милюткин В.А., Киров В.Ю., Рябцев А.А., Киров В. А., Кирова Ю.З., Денисов С.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет». – заяв. № 20221236255; заявл. 05.09.2022; опубл. 06.10.2022.

9. Милюткин В.А., Киров В.Ю. Анализ устройств для перекачки навозной жижи из лагун / Милюткин В.А., Киров В.Ю. // АПК России: образование, наука, производство. Сборник статей III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции / Под научной редакцией М.К. Садыговой, М.В. Беловой, А.А. Галиуллина. Пенза, 2022. С. 223-225.

10. Устройство для очистки водоемов от донных отложений: пат. 2614877 Рос. Федерация: МПК E02B 15/00/ Бородулин И.В., Милюткин В.А., Антонова З.П., Стребков Н.Ф., Котов Д.Н.; заявитель и патентообладатель ООО «ЭКОВОЛГА». заяв. № 2015131618; зявл. 28.12.2015; опубл. 30.03.2017.

11. Устройство для сбора донных отложений в водоемах: пат. на полезную модель 175462 U1 Рос. Федерация: МПК E02B 15/00 / Бородулин И.В., Милюткин В.А., Антонова З.П., Стребков Н.Ф.; заявитель и патентообладатель ООО «ЭКОВОЛГА».– заяв. № 2015128821; заявл. 15.07.2015; опубл. 06.12.2017.

12. Эффективность очистки водоемов от донных отложений: экология и удобрения для органического земледелия (технико-технологические направления мелиорации водоемов) / Милюткин В.А., Бородулин И.В., Агарков Е. А. // Экологическая безопасность в техносферном пространстве. Сборник материалов Пятой Международной научно-практической конференции преподавателей, молодых ученых и студентов. Екатеринбург, 2022. – С. 226–231.

13. Экологическое обеспечение открытых водоемов с разработкой технических средств сбора сине зеленых водорослей Милюткин В.А., Бородулин И.В., Кнурова Г.В. // Современные проблемы экологии. Тезисы докладов XIV Международной научно-технической конференции. – 2016. – С. 72–75

14. Агрегат для очистки водоемов от водорослей: пат. 2596017 Рос. Федерация: МПК E 02B 15/04/ Милюткин В.А., Стребков Н.Ф., Котов Д.Н., Бородулин И.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия».– заяв. № 2015120313; заявл. 28.05.2015; опубл. 27.08.2016.

15. Устройство для утилизации продуктов сгорания энергоустановок, использующих природный газ: пат. на полезную модель 212418 U1 Рос. Федерация: МПК A01C3/00; F04D3/00 / Бородулин И.В., Милюткин В.А., Антонова З.П., Панкеев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет». заяв. № 201513204/10; заявл. 04.08. 2015; опубл. 10.10.2016.

16. Милюткин, В.А., Буксман, В.Э. Инновационные технические решения для внесения жидких и твердых минеральных удобрений одновременно с посевом // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 10. – С. 16–21.

УДК 631.37

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ГИДРОПНЕВМОПРИВОДА

д.т.н. В.А. Николаев
(ФГБОУ ВО ЯГТУ, Ярославль, Россия);
к.т.н. И.В. Кряклина
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Аннотация. Представлена и обоснована конструкция гидропневмопривода внутреннего сгорания. Предлагаемый гидропневмодвигатель сразу преобразует возвратно-поступательное движение поршня в энергию рабочей жидкости и газа. Использование данного гидропневмодвигателя внутреннего сгорания позволит уменьшить затраты энергии на привод ходовой части, рабочих органов и элементов систем управления различных технических средств.

Ключевые слова: гидропневмопривод, конструкция, технические средства, экономия топлива.

DESIGN FEATURES OF HYDROPNEUMATIC DRIVE

Doctor of Technical Sciences V.A. Nikolaev
(FSBEI HE Yaroslavl State Technical University, Yroslavl, Russia);
Candidate of Technical Sciences I.V. Kryaklina
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yroslavl, Russia)

Abstract. The design of the internal combustion hydropneumatic drive is presented and substantiated. Proposed hydropneumatic drive immediately converts reciprocating motion of piston into energy of working fluid and gas. The use of this internal combustionhydropneumatic drive will reduce the energy consumption on the drive of the chassis, working elements and elements of control systems of various technical means.

Keywords: hydropneumatic drive, design, technical means, fuel economy.

В настоящее время многие технические средства используют только гидравлический и пневматический привод ходовой части и рабочих органов [1, 2]. Для этого нет необходимости в преобразовании возвратно-поступательного движения поршня двигателя внутреннего сгорания во вращательное движение посредством шатунов, коленчатого вала, маховика, чтобы затем вращательное движение преобразовать в энергию рабочей жидкости и газа.

Предлагаемый гидропневмодвигатель внутреннего сгорания сразу преобразует возвратно-поступательное движение поршня в энергию рабочей жидкости и газа. Его целесообразно использовать для привода ходовой части, рабочих органов и элементов систем управления различных технических средств.

Методика

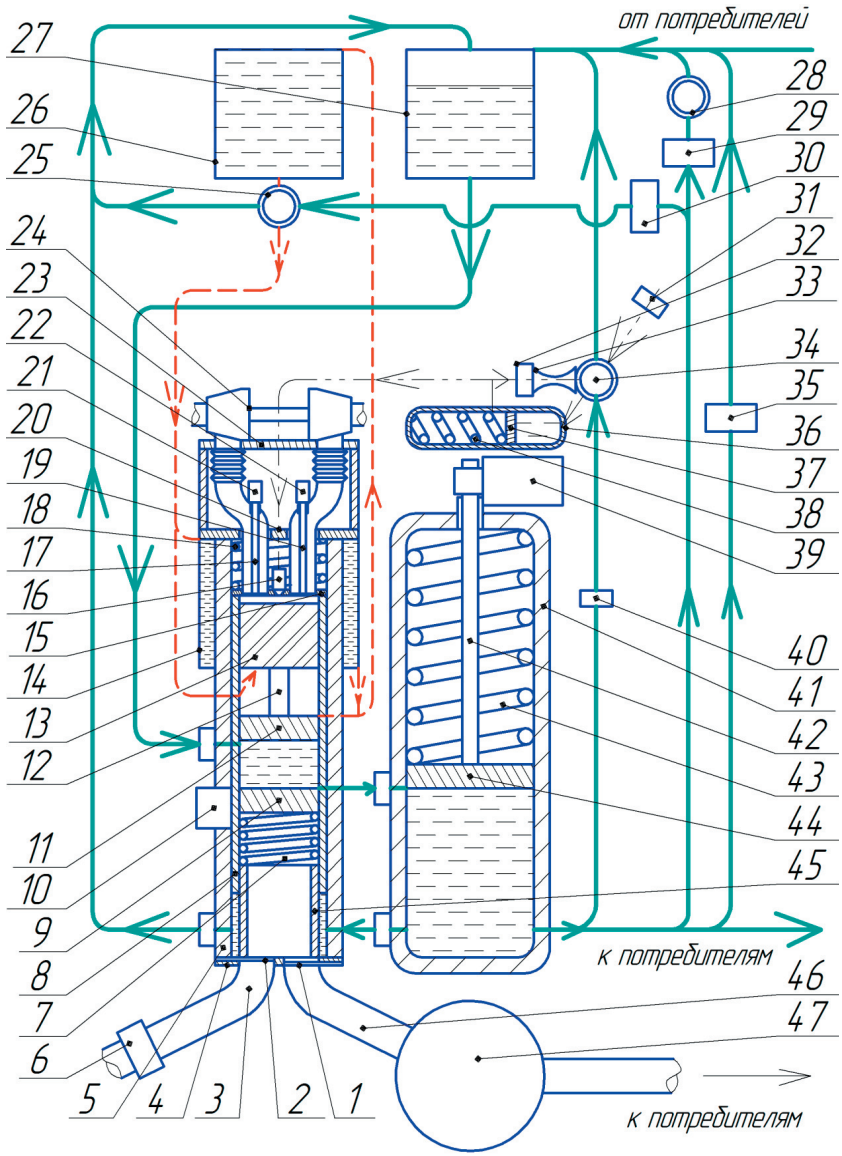
В предлагаемом гидропневмодвигателе энергия сгораемого топлива преобразуется в возвратно-поступательное движение поршня, механически связанного с гидропоршнем и, через рабочую жидкость, с поршнем компрессора. Управление включением и выключением гидропневмодвигателя внутреннего сгорания осуществляется в зависимости от давления рабочей жидкости в гидроаккумуляторе.

На рисунке 1 показана схема гидропневмодвигателя внутреннего сгорания.

К корпусу 5 снизу присоединена крышка компрессора 4 с выпускным клапаном компрессора 1 и впускным клапаном компрессора 2. К крышке компрессора присоединен входной патрубок 3 с электромагнитным краном воздуха 6 и выходной патрубок 46 с ресивером 47. Внутри корпуса расположен цилиндр 8 и гильза 45. В корпусе имеются четыре радиальных отверстия. Напротив двух верхних отверстий в корпусе имеются отверстия в цилиндре. Напротив двух нижних отверстий в корпусе имеются отверстия в гильзе.

В корпусе установлен электромагнитный фиксатор 10. К корпусу присоединен кожух 14. Корпус закрыт крышкой корпуса 20. К ней прикреплена крышка 23 с установленным на ней турбонаддувом 24. Вверху, между крышкой корпуса и крышкой цилиндра 15, расположена пружина 18. К крышке цилиндра прикреплена электромагнитная форсунка 16. В крышку цилиндра входит клапан впускной 17 с электромагнитом впуска 21 и клапан выпускной 19 с электромагнитом выпуска 22. В цилиндре расположен поршень 13, соединенный штоком 12 с гидропоршнем 11, и поршень компрессора 9 с пружиной компрессора 7.

Кожух соединен трубопроводами с гидромотор-насосом охлаждения 25, управляемым электромагнитным краном охлаждения 30, и радиатором 26. Для подзарядки аккумуляторной батареи служит гидромотор-генератор 28, управляемый электромагнитным краном генератора 29. Электромагнитная форсунка соединена трубопроводом с корпусом гидроаккумулятора топлива 36. Внутри корпуса гидроаккумулятора топлива расположены поршень гидроаккумулятора топлива 37 и пружина гидроаккумулятора топлива 38.



Фиг. 1

Рисунок 1 – Схема гидропневмопривода внутреннего сгорания

К корпусу 5 снизу присоединена крышка компрессора 4 с выпускным клапаном компрессора 1 и впускным клапаном компрессора 2.

К крышке компрессора присоединен входной патрубок 3 с электромагнитным краном воздуха 6 и выходной патрубок 46 с ресивером 47. Внутри корпуса расположен цилиндр 8 и гильза 45. В корпусе имеются четыре радиальных отверстия. Напротив двух верхних отверстий в корпусе имеются отверстия в цилиндре. Напротив двух нижних отверстий в корпусе имеются отверстия в гильзе.

В корпусе установлен электромагнитный фиксатор 10. К корпусу присоединен кожух 14. Корпус закрыт крышкой корпуса 20. К ней прикреплена крышка 23 с установленным на ней турбонаддувом 24. Вверху, между крышкой корпуса и крышкой цилиндра 15, расположена пружина 18. К крышке цилиндра прикреплена электромагнитная форсунка 16. В крышку цилиндра входит клапан впускной 17 с электромагнитом впуска 21 и клапан выпускной 19 с электромагнитом выпуска 22. В цилиндре расположен поршень 13, соединенный штоком 12 с гидропоршнем 11, и поршень компрессора 9 с пружиной компрессора 7.

Кожух соединен трубопроводами с гидромотор-насосом охлаждения 25, управляемым электромагнитным краном охлаждения 30, и радиатором 26. Для подзарядки аккумуляторной батареи служит-гидромотор-генератор 28, управляемый электромагнитным краном генератора 29. Электромагнитная форсунка соединена трубопроводом с корпусом гидроаккумулятора топлива 36. Внутри корпуса гидроаккумулятора топлива расположены поршень гидроаккумулятора топлива 37 и пружина гидроаккумулятора топлива 38.

Корпус гидроаккумулятора топлива соединен трубопроводами с электромагнитным краном возврата 32, дросселем 33 и гидромотор-насосом топлива 34 с присоединенным к нему электромагнитным краном топлива 31.Гидромотор-насос топлива через электромагнитный клапан расхода 40 трубопроводом сообщается с корпусом гидроаккумулятора 41. Гидромотор-насос топлива трубопроводом также сообщается с баком 27. Корпус гидроаккумулятора через электромагнитный кран сброса давления 35 сообщается трубопроводом с баком. На корпусе гидроаккумулятора установлен мотор-редуктор 39. Внутри корпуса гидроаккумулятора имеется поршень гидроаккумулятора 44, пружина гидроаккумулятора 43 и шток-рейка 42.

При нажатии на кнопку «Пуск» от аккумуляторной батареи поступает напряжение в блок управления и сигнализации. Он от-

крывает электромагнитный клапан подачи, электромагнитный клапан заполнения и одновременно включает электродвигатель мотор-редуктора, который поднимает шток-рейку с поршнем гидроаккумулятора, сжимая пружину гидроаккумулятора. При этом рабочая жидкость из бака через электромагнитный клапан подачи, электромагнитный клапан заполнения самотеком и от воздействия разрежения пополнит полость в корпусе гидроаккумулятора до срабатывания датчика пуска. С этого момента начинается подготовка топлива к сжиганию.

Блок управления и сигнализации открывает электромагнитный кран топлива и электромагнитный клапан расхода. Рабочая жидкость под давлением пружины гидроаккумулятора на поршень гидроаккумулятора поступает из полости корпуса гидроаккумулятора в гидромотор-насос топлива. Гидромотор-насос топлива нагнетает топливо в полость гидроаккумулятора топлива до срабатывания датчика максимального давления топлива. Одновременно блок управления и сигнализации открывает электромагнитный кран возврата, пропуская топливо через дроссель обратно в гидромотор-насос топлива. В ходе циркуляции через дроссель топливо нагревается до оптимальной температуры.

Когда сработает датчик температуры топлива, оно готово к использованию. Блок управления и сигнализации открывает электромагнитный клапан впуска и, посредством электромагнитного фиксатора, освобождает цилиндр. Рабочая жидкость из полости в корпусе гидроаккумулятора поступает в полость гильзы. Воздействуя на нижнюю торцевую поверхность цилиндра, рабочая жидкость поднимает его вверх, сжимая пружину. Одновременно блок управления и сигнализации посредством электромагнита впуска открывает клапан впускной. Камера сгорания заполняется воздухом.

В момент достижения цилиндром верхнего положения блок управления и сигнализации посредством электромагнита впуска закрывает клапан впускной и открывает электромагнитный клапан выпуска. Пружина возвращает цилиндр в нижнее положение. При этом рабочая жидкость через электромагнитный клапан выпуска вытесняется из полости в бак. Электромагнитный фиксаторстопорит цилиндр в нижнем положении. При движении цилиндра вниз в камере сгорания воздух сжимается. Когда цилиндр окажется в нижнем положении, электромагнитная форсунка открывает подачу

топлива в камеру сгорания. Топливо воспламеняется, перемещая поршень с гидропоршнем вниз.

Гидропоршень, воздействуя на рабочую жидкость в полости, перемещает вниз поршень компрессора, сжимая пружину компрессора и вытесняя воздух из полости через и выпускной клапан компрессора в ресивер. Блок управления и сигнализации посредством электромагнита выпуска открывает клапан выпускной. Пружина компрессора воздействует на поршень компрессора, он, через рабочую жидкость в полости – на гидропоршень, а гидропоршеньпосредством штока – на поршень. Поршень выталкивает отработавшие газы в турбокомпрессор. Одновременно через открытый электромагнитный кран воздуха, входной патрубок и впускной клапан компрессора воздух заполняет полость. После того, как поршень окажется вверху, блок управления и сигнализации посредством электромагнита выпуска закрывает клапан выпускной. Этим заканчивается пусковой цикл гидропневмодвигателя внутреннего сгорания и начинаются рабочие циклы.

Такт впуска рабочего цикла гидропневмодвигателя внутреннего сгорания отличается от такта впуска пускового цикла тем, что открыт электромагнитный клапан подачи. В начале перемещения цилиндра вверх поршень с гидропоршнем за счет сил трения, инерции и разрежения в камере сгорания, также увлекается вверх. Рабочая жидкость из бака самотеком и за счет разрежения, создаваемого гидропоршнем, через электромагнитный клапан подачипополняет полость.

Когда давление воздуха, нагнетаемого турбокомпрессором в камеру сгорания, увеличится, поршень с гидропоршнем от воздействия силы тяжести опустятся вниз, частично сжимая пружину компрессора. Такт сжатия рабочего цикла гидропневмодвигателя внутреннего сгорания существенно не отличается от такта сжатия пускового цикла.

Такт расширения рабочего цикла гидропневмодвигателя внутреннего сгорания отличается от такта расширения пускового циклатем, что открыт электромагнитный клапан заполнения. Рабочую жидкость из полости поршнягидропоршень через электромагнитный клапан заполнения выдавливает в полость корпуса гидропневмоаккумулятора. Рабочая жидкость, воздействуя на поршень гидроаккумулятора, сжимает пружину гидроаккумулятора. При этом воздух, выходящий из полости, совместно с пружиной

компрессора смягчают воздействие гидропоршня на рабочую жидкость, не допуская гидроудара.

В начале движения поршня с гидропоршнем вверх, во время такта выпуска, рабочая жидкость из полости от воздействия поршня компрессора продолжит поступать в полость корпуса гидропневмоаккумулятора до выравнивания давления в полостях. В этот момент закрывается электромагнитный клапан заполнения. Нескольких циклов работы гидропневмодвигателя внутреннего сгорания достаточно для начала использования сжатого воздуха и рабочей жидкости для привода рабочих органов технического средства, на котором установленгидропневмодвигатель внутреннего сгорания.

Если, ввиду перерыва в работе, давление рабочей жидкости в полостикорпуса гидропневмоаккумулятора увеличится до срабатывания датчика максимального давления, блок управления и сигнализации посредством электромагнитной форсунки перекроет подачу топлива в камеру сгорания. Одновременно он закроет электромагнитный кран топлива и электромагнитный клапан расхода. Гидромотор-насос топлива прекратит подачу топлива в гидроаккумулятор топлива. Если работа возобновится, и давление рабочей жидкости в полости корпуса гидропневмоаккумулятора уменьшится до срабатывания датчика минимального давления, блок управления и сигнализации запустит в работу гидропневмодвигатель внутреннего сгорания. Во время перерыва в работе гидромотор-насос топлива автоматически включается в работу на период понижения температуры или давления топлива в гидроаккумуляторе топлива.

Датчик минимальной температуры и датчик максимальной температуры совместно с блоком управления и сигнализации поддерживают оптимальную температуру масла-охладителя в полости путем включения и отключения гидромотор-насоса охлаждения, управляемого электромагнитным краном охлаждения. Смазку элементов гидропневмодвигателя внутреннего сгорания осуществляют маслоохладитель и рабочая жидкость.

Блок управления и сигнализации, открывая и закрывая электромагнитный кран генератора, управляетгидромотор-генератором для осуществления подзарядки аккумуляторной батареи. Если давление воздуха в ресивере повысилось до срабатывания датчика максимального давления воздуха, блок управления и сигнализации

закрывает электромагнитным краном воздуха доступ воздуха в полость. Если давление воздуха в ресивере понизилось до срабатывания датчика минимального давления воздуха, блок управления и сигнализации открывает электромагнитный кран воздуха. Если длительное время нет расхода рабочей жидкости, блок управления и сигнализации открывает электромагнитный кран топлива и электромагнитный кран сброса давления.

Топливо вытекает через электромагнитный кран топлива из полости. Рабочая жидкость через электромагнитный кран сброса вытекает в бак. Давление топлива в корпусе гидроаккумулятора топлива и корпусе гидроаккумулятора уменьшается. Когда сработает датчик минимального давления топлива и датчик минимального давления рабочей жидкости в полости, блок управления и сигнализации автоматически отключается.

Выводы

Использование предлагаемого гидропневмодвигателя внутреннего сгорания позволит уменьшить затраты энергии на привод ходовой части, рабочих органов и элементов систем управления различных технических средств в связи с отсутствием шатунов, коленчатого вала, маховика, и других элементов, предназначенных для получения вращательного движения, а также уменьшить массу двигателя. Уменьшение затрат энергии преимущественно обусловлено экономией топлива, так как:

– гидропневмодвигатель внутреннего сгорания включается в работу только на период уменьшения давления рабочей жидкости в гидросистеме;

– гидромотор-насос топлива включается в работу только на период понижения температуры или давления топлива в гидроаккумуляторе топлива;

– гидромотор-насос охлаждения включается в работу только на период превышения температуры масла-охладителя более установленной;

– гидромотор-генератор включается в работу только на период подзарядки аккумуляторной батареи;

– пополнение ресивера сжатым воздухом производится только в период уменьшения его давления менее установленного;

– сгорание дизельного топлива происходит оптимально.

Получен патент на изобретение № 2774925.

Список источников

1. Дорошенко В.А. Объемный гидро- и пневмопривод: Учебн. пособие / В.А. Дорошенко. – Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, 2019. – 196 с.

2. Чмиль В.П. Гидропневмоавтоматика транспортно-технологических машин: Учебн. пособие / В.П. Чмиль.– Санкт-Петербург, «Лань», 2018. – 272 с.

УДК 621.31

УТОЧНЕНИЕ ГРАНИЦ УСТОЙЧИВОСТИ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРА

д.т.н. П.С. Орлов
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Аннотация. Трансформатор − статическая саморегулируемая автоматическая система, применяемая для передачи изменяющейся по мощности нагрузки в цепях переменного тока; снижает устойчивость работы трансформатора его перегрузка мощным потребителем.

Ключевые слова: устойчивость, система автоматического управления.

CLARIFICATION OF THE BOUNDARIES OF THE STABILITY OF THE TRANSFORMER

Doctor of Technical Sciences P.S. Orlov
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Abstract. Transformer − a static self-regulating automatic system used to transmit a load varying in power in alternating current circuits reduces the stability of the transformer's operation by overloading it with a powerful consumer.

Keywords: stability, automatic control system a powerful power supply network synchronizes.

Устойчивость – свойство системы возвращаться в исходное состояние после прекращения действия возмущающего фактора. Необходимое и достаточное условие устойчивости линейной системы автоматического управления – отрицательность вещественных частей всех корней характеристического уравнения.

Согласно критерию устойчивости Гурвица линейная система устойчива, если в его характеристическом уравнении его множители a(n) …a(0) и все определители Δ1 … Δn положительны.

Замкнутая система Найквиста устойчива, если она устойчива при размыкании и график ее амплитудно-фазовой характеристики в разомкнутом состоянии не охватывает точки действительной оси с координатами (−1; j0).

Рассмотрим устойчивость работы трансформатора на одном из режимов его эксплуатации, когда происходить внезапный «наброс» нагрузки.

Для проверки устойчивости системы управления по передаточной функции $W(p) = 10/(p + 1)$ строят амплитудно-фазовую, временную частотную и фазово-частотную характеристики (АФХ, ВЧХ, ФЧХ), заменяя p на jω:

$$W(j\omega) = 10j\omega/(j\omega + 1) = 10\omega^2/(\omega^2 + 1) + j10\omega/(\omega^2 + 1).$$

Функции ВЧХ и ФЧХ имеют вид:

$$R\omega = 10\omega^2/(\omega^2 + 1); \qquad \phi(\omega) = \text{arc tg}\,(Im/Re) = \text{arc tg}\,(1/\omega).$$

Изменяя частоту от 0 до ∞, строят характеристику (рисунок 1).

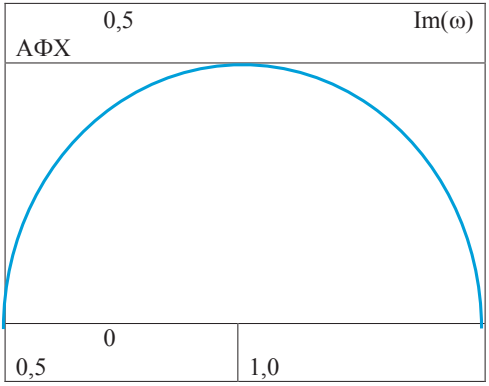


Рисунок 1 − Амплитудно-фазовая частотная характеристика устойчивой системы автоматического управления

Трансформатор (рисунок 2) статическая саморегулируемая автоматическая система применяемая для передачи изменяющейся по мощности нагрузки в цепях переменного тока. На первичную обмотку трансформатора с входным сопротивлением R_1 индуктивностью L_1 с числом витков обмотки w_1 подается постоянное (по амплитуде) напряжение однофазного переменного тока частотой

50 Гц, величина которого I с течением времени может изменяться (в зависимости от нагрузки). В системах автоматического регулирования этот ток поступает через ограничивающее сопротивление R_1, включенное в питающую цепь трансформатора (схема включения трансформатора, показанная на рисунке 2).

Напряжение с вторичной обмотки поступает потребителю, ток которого ограничен большим сопротивлением R_2. Часто в САР нагрузкой для вторичной обмотки трансформатора служат цепи для которых характерно большое входное сопротивление. При токе во вторичной обмотке $I_2 \to 0$ трансформатор работает в условиях, близких к режиму холостого хода.

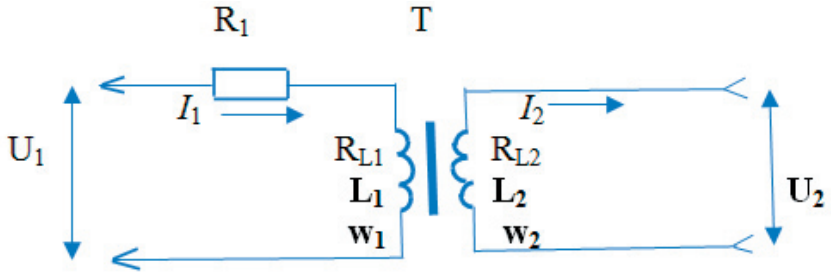


Рисунок 2 – Трансформатор на холостом ходу

Поэтому, наводимая во вторичной обмотке трансформатора ЭДС, работающего в режиме холостого хода (при сопротивлении $Z_2 \to \infty$ равном бесконечности), пропорциональна скорости изменения тока в обмотке:

$$U_2 = -LdI/dt. \quad (1)$$

где U_2 – напряжение, приложенное к цепи первичной обмотки.

Для цепи первичной обмотки трансформатора справедливо уравнение:

$$U_1 = (R1 + RL_1)I_1 + L1dI_1/dt. \quad (2)$$

Применяя к уравнениям (1) и (2) преобразование Лапласа и решая их совместно, получим передаточную функцию трансформатора:

$$W(p) = U_2(p)/U_1 = k_1p/(T_1p + 1), \quad (3)$$

где T_1 и k_1 постоянная времени цепи обратной связи обмотки трансформатора икоэффициент пропорциональности (его коэффициент усиления).

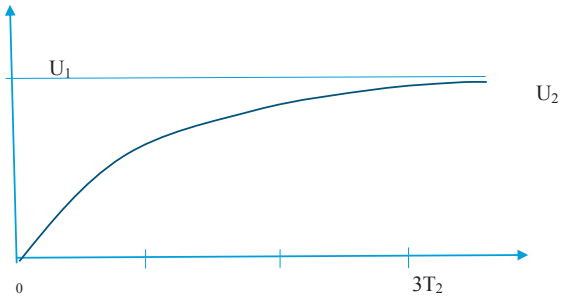
Переходная функция трансформатора изменяется по экспоненциальному закону:

$$U_2 = (k_1 e^{-t}/T_2)/T_1. \qquad (4)$$

Напряжение на вторичной обмотке трансформатора достигает установившегося значения после переходного процесса длительностью $3T_2$ (рисунок 3).

Амплитудно-фазовая частотная характеристика трансформатора (рисунок 4), работающего в режиме холостого хода, имеет вид:

$$W(j\omega) = (k_1 j\omega)/(T_1 j\omega + 1) = (k_1\omega)e^{jarctg}/T\omega/\sqrt{(T_1\omega)^2} + 1. \qquad (5)$$



U_1 – скачкообразное изменение входной величины;
U_2 – переходный процесс длительностью $3T_2$.
Рисунок 3 – График переходного процесса трансформатора на холостом ходу

В идеальном случае амплитудно-фазовая частотная характеристика определяется по формуле:

$$W(j\omega) = k_1 j\omega = k_1\omega e^{0,5}\, j. \qquad (6)$$

Сопоставляя частотные характеристики можно определить полосу частот, в которой погрешность дифференцированияне превышает как по модулю, так и по фазе некоторой заданной величины.

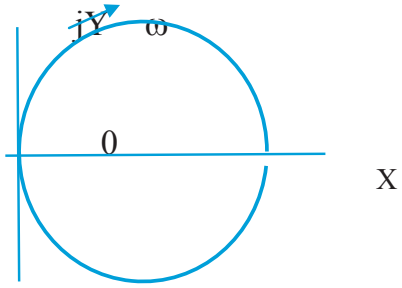


Рисунок 4 – Амплитудно-частотная характеристика трансформатора

При некоторой допустимой погрешностью α, достаточно малой по сравнению с единицей, Δ тоже должно быть малым в сравнении с единицей:

$$\sqrt{1 + \alpha} = 1 + \Delta.$$

При $\alpha = 0{,}1$ $\Delta < 5$ %, а при $\alpha = 0{,}01 \rightarrow \Delta < 0{,}5$ %.

Так как значение α мало, разложение выражения по степеням α (отбросив члены разложения, содержащие высшие степени α), даст:

$$\sqrt{1 + \alpha} \approx 1 + 0{,}5\alpha \approx 1 + \Delta, \Rightarrow \alpha = 2\Delta;\ \omega \approx \sqrt{2\Delta / T_1},$$

откуда определяется верхняя граница частотной характеристики.

При малых индуктивности нагрузки и магнитных потоков рассеяния, передаточная функция трансформатора на холостом ходу будет:

$$W(p) = I_2(p)/U_2(p) = kp/[(T_1 + T_2)p + 1],$$

где T_1 и T_2 – постоянные времени первичной и вторичной цепей трансформаторапоказывает, что при работе трансформатора на омическую нагрузку при отсутствии рассеяния передаточная функция имеет такой же вид, как и в случае, когда трансформатор работает в режиме холостого хода.

Переходный процесс характеризуется постоянной времени, равной сумме постоянных времени цепей первичной и вторичных обмоток трансформатора. Ток во вторичной обмотке трансформатора лишь приближенно отражает производную от первичного напряжения. Знаменатель передаточной функции (апериодическое звено) вносит отставание по фазе и сильно ослабляет эффект дифференцирования. Лишь в том случае, когда суммарная постоянная времени мала, можно приближенно считать, что величина тока пропорциональна производной входного напряжения. Уменьшение постоянных времени может достигается уменьшения индуктивности при введении в магнитную цепь трансформатора воздушного зазора, а также при введении в цепь обмоток добавочных сопротивлений. Воздушный зазор уменьшает искажение выходного напряжения, возникающего в результате насыщения магнитной цепи трансформатор,но это применяется (как правило) только в сварочных трансформаторах для получения круто падающих характеристик.Изменение воздушного зазора дает возможность получитьнужный эффект почти не изменяяток во вторичной обмотке трансформатора.

Трансформатор на холостом ходу:

Передаточная функция:$W(p) = kTp/(Tp + 1)$;

Коэффициент усиления: $k = w_2/w_1 = 0{,}4/6{,}000 = 0{,}066$;

$k = w_1/w_2 = 6{,}000/0{,}4 = 15$.

Постоянная времени: $T = L_1/R = 0{,}02$ с.

Для устойчивости замкнутой (с отрицательной обратной связью) системы необходимо и достаточно, (необходимо!) чтобы амплитудно-фазовая частотная характеристика (АФЧХ) разомкнутой системы управленияохватывала в положительном направлении точку (−1; j0) и половину комплексной плоскости. Для устойчивости замкнутой системы управления необходимо и достаточно, чтобы АФЧХ разомкнутой системыне охватывала точку (−1; j0), чему и соответствует характеристика трансформатора.

Следует отметить, в современных трансформаторах ТВГМ вместо воздушного зазора в магнитной цепи применяют поперечный регулирующий магнитный поток, обеспечивающий плавное изменение магнитного потока вольтодобавочного трансформатора [1].

Применен поперечный магнитный поток и в Устройстве дефектоскопии стальных канатов, позволивший отстроится от помех при проведении измерений целостности стальных канатов [2].

Синхронизирует устойчивость работы трансформатора мощная питающая электрическая сеть.

Снижает устойчивость работы трансформатора его перегрузка мощным потребителем.

Список источников

1. «СКЭ-Электро» – официальный представитель в России и странах СНГ норвежской фирмы – разработчика устройства MagtechAS. «СКЭ-Электро» www.ske-electro.ru

2. Власов А.В., Голдобина Л.А., Орлов П.С. Устройство дефектоскопии стальных канатов Патент РФ № 2356041 МПК G01N27/82 (2006.01) Опубл. 20.05.2009 Бюл. 314.

УДК 662.997

ОТОПЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ И НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

ст. преподаватель Ж.Д. Садыков;
ст. преподаватель И.М. Файзуллаев;
преподаватель Б.И. Камолов; преподаватель С.М. Шамуратова
(Каршинский инженерно-экономический институт,
г. Карши, Узбекистан)

Аннотация. В работе рассмотрена энергоэффективность системы отопления сельскохозяйственных зданий с использованием солнечной энергии.

Ключевые слова: солнечная энергия, пассивная система солнечного отопления, сельскохозяйственное здание.

HEATING OF AGRICULTURAL BUILDINGS USING RENEWABLE AND NON-TRADITIONAL ENERGY SOURCES

Senior teacher J.D. Sadykov;
Senior teacher I.M. Fayzullaev; teacher B.I. Kamolov;
teacher S.M. Shamuratova
(Karshi Engineering and Economic Institute, Karshi, Uzbekistan)

Abstract: The paper considers the energy efficiency of the heating system of agricultural buildings using solar energy.

Keywords: solar energy, passive solar heating system, agricultural building.

Создание эффективной системы отопления сельскохозяйственных зданий проводится с учетом тенденций развития топливно-энергетического комплекса страны и возможности экономии топливных ресурсов. Поскольку сельскохозяйственные здания являются крупными потребителями тепловой энергии, использование которой значительно влияет на себестоимость продукции. Важным является обоснование выбора наиболее эффективной системы теплообеспечения по технико-экономическим показателям, влияющей на эффективность сельскохозяйственного предприятия в целом.

Методика

В настоящее время вопросам использования возобновляемых и нетрадиционных источников энергии уделяется серьезное внимание. Эти источники энергии следует рассматривать как существенное средство энергосбережения в ряду других энергосберегающих мер. Возобновляемые и нетрадиционные виды энергии помимо неограниченности их запасов привлекают внимание также и относительно высокой экологической чистотой по сравнению с традиционными.

Солнечная энергия – это практически неиссякаемый, неистощимый и экологически чистый источник энергии. Преобразование солнечной энергии в тепло невысокого потенциала, достаточно для горячего водоснабжения и отопления жилых, общественных, производственных зданий, достигается с помощью относительно

простых технических средств и поэтому нашло во многих странах наибольшее распространение. В этих странах все больше внимания уделяется практическому использованию солнечной энергии, в первую очередь для горячего водоснабжения и отопления зданий и накоплен достаточный опыт по разработки и эксплуатации систем теплоснабжения, в которых солнечная энергия эффективно используется в течение значительной части года. Особенно интенсивно в ряде стран развивается направление, связанное с применением так называемых пассивных систем солнечного отопления с теплоаккумулирующей стенкой (ТАС) -это наиболее выгодное распределение поступления энергии во времени, уменьшение возможности перегрева и связанным с ним дополнительных потерь тепла. С помощью конструктивных решений можно уменьшить потери тепла от ТАС и тем увеличить эффективность системы.

В странах СНГ опыт создания и эксплуатации таких систем крайне ограничен. За рубежом, как в прошлом, так и в настоящем, работы по исследованию, совершенствованию и внедрению таких систем проводятся весьма активно. В Соединенных Штатах Америки пассивными системами отопления оборудуются не только жилые помещения, но и общественные здания (банки, магазины, школы, библиотеки и пр) по всей территории страны включая Аляску. Такое же отношение к использованию пассивных систем наблюдается и в Европейских странах включая и северные: Англию, Швецию, Данию и др.[1].

Исследование и разработка систем пассивного солнечного отопления является особой задачей в направлении экономии тепловой энергии, идущей на теплоснабжение зданий и сооружений. В зданиях и сооружениях снабженных пассивными системами солнечного отопления, практически без дополнительных капитальных вложений при строительстве, можно экономить в южных районах более 50% топлива или тепловой энергии по сравнению с обогревом подобных зданий с традиционным отоплением. Как показывают исследования полное обеспечение отопительной нагрузки пассивными системами солнечного отопления экономически не выгодно и в любых системах необходимо предусматривать дополнительный малоинерционный источник тепла – дублер.

Результаты

В работе [2] установлена, что эффективность системы зависит от:

– комплекса относительной среднемесячной осредненной за этот период температуры окружающей среды и температуры внутри объекта;

– среднемесячной средней за отопительный период суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность.

Использованная для расчетов программа основывалась на ряде разработок зарубежных авторов и наиболее полно представлена в [3].

Основные ее достоинства заключаются в том, что она:

– рассчитана на использование осредненных среднемесячных значений метеорологических условий, публикуемых соответствующими службами для различных районов;

– является универсальной -может быть применена для расчета различных пассивных систем;

– включает непосредственную или опосредованную связь, как с конструктивными особенностями самой системы, так и с архитектурно-строительными изменениями всего сооружения.

С целью проверки этого предложения были проведены расчеты определения эффективности пассивных систем с изменением толщины и теплопроводности материала ТАС, установки ночной изоляции. Ночная изоляция при эффективности 0,5 увеличивает его примерно на 20–25%. Так, при эффективности 0,8 он возрастает при наличии изолирующего экрана всего на 10–15%. Для более северных районов наоборот, относительная величина эффективности возрастает более чем на 50–60%. Отсюда можно заключить, что в районах с более суровым климатом, если учесть большую относительную нагрузку в этих районах, можно сэкономить значительное количество тепловой энергии или топлива.

Выводы

– эффективным является применение систем отражения и экранирования, которые в летнее время снижают поступление солнечной радиации в здание; зимой – в дневное время увеличивают поступление солнечной радиации, а в ночное время снижают теплопотери;

– наиболее целесообразно использование косвенных или изолированных методов обогрева, с массивными аккумуляторами тепла. При увеличении толщины ТАС снизится температура внутренней поверхности стенки. В этом случае возможно будет иметь смысл интенсифицировать теплоотдачу с внутренней стороны

ТАС каким-либо способом (например увеличением поверхности теплоотдачи – оребрение);

– определяемых расчетом по осредненным долгосрочным значениям всего потребляемого тепло объекта, оказывается выгодным использовать для ТАС более теплопроводный материал. В этом случае уменьшается внешний коэффициент теплопередачи и средняя температура наружной поверхности стенки, что снижает потери в окружающую среду.

Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения современных зданий и сооружений – является перспективное направление в теплоэнергетике. Сегодняшние солнечные системы уже рентабельны, надежны и просты в эксплуатации. Их использование набирает популярность в развитых странах. Это становится не только экономно, но и престижно.

Список источников

1. Энергосберегающие технологии в современном строительстве / под ред. В.Б.Козлова. – М.: Стройиздат, 1990. – 296 с.

2. Тарнижевский Б.В., Чакалев К.Н., Левинский Б.М. // Гелиотехника. – 1989. – № 4. – С. 54.

3. Тарнижевский Б.В., Смирнов С.И., Гухман Г.А. [и др.] // Промышленность строит. материалов. Сер. 10. Промышленность отопительного и санитарно-технического оборудования. Солнечное теплоснабжение. – М.: ВНИИЭСМ. – 1991. – Вып. 1. – С. 1–56.

УДК 631.314.1

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА АКТИВНОГО ПРОФИЛЬНОГО ПОЧВООУПЛОТНЯЮЩЕГО КАТКА

д.т.н. В.А. Смелик;
д.т.н. А.Б. Калинин; к.т.н. И.З. Теплинский;
инженер О.В. Смелик
(ФГБОУ ВО СПбГАУ, Санкт-Петербург, Россия)

Аннотация. Рассмотрен разработанный комбинированный ботвоуборочный агрегат с активным профильным почвоуплотняющим катком. Привод в работу активного катка осуществляется за счет гидромотора, подключенного к гидросистеме трактора. На основании проведенных экспериментальных исследований, методом

идентификации, получены математические модели технологического процесса работы активного катка. Моделированием определены рациональные режимы работы активного катка, при которых, после удаления ботвы, формируется плотный поверхностный слой гребня и устраняются почвенные трещины,что снижает потери картофеля из-за его выбраковки, связанные с озеленением клубней.

Ключевые слова: активный профильный почвочвоуплотняющий каток, комбинированный агрегат математические модели, идентификация, твердость почвы.

IDENTIFICATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF AN ACTIVE PROFILE SOIL COMPACTING ROLLER

Doctor of Technical Sciences V. A. Smelik;
Doctor of Technical Sciences A. B. Kalinin;
Candidate of Technical Sciences I. Z. Teplinskiy;
Engineer O. V. Smelik
(FSBEI HE SPbGAU, Saint Petersburg, Russia)

Annotation. The developed combined topping machine with an active profile soil compacting roller is considered. The active roller is driven by a hydraulic motor connected to the hydraulic system of the tractor. Based on the conducted experimental studies, by the identification method, mathematical models of the technological process of the active roller are obtained. By modeling, rational modes of operation of the active roller are determined, in which, after removing the tops, a dense surface layer of the ridge is formed and soil cracks are eliminated, which reduces potato losses due to its culling associated with the greening of tubers.

Keywords: active profile soil compacting roller, combined aggregate mathematical models, identification, soil hardness.

Методика

Использован метод статистической идентификации для получения математических моделей технологического процесса работы активного почвоуплотняющего катка в составе ботвоуборочного комбинированного агрегата. С использованием законов и принципов статистической динамики сельскохозяйственных агрегатов разработана модель функционирования, исследуемого почвоуплотняющего катка и выполнен ее анализ. Математическое

моделирование в программной среде Simulinkпакета Matlab позволило получить рациональные режимы работы активного почвоуплотняющего катка.

Результаты

Одним из важнейших этапов механизированного производства картофеля является его уборка. Этот этап является наиболее трудозатратным. На него приходится 45–60% затрат труда [1]. Поэтому, от его выполнения во многом будет зависеть эффективность используемой технологии производства картофеля.

Выбор схемы уборки зависит от почвенных и природно-климатических условий, сорта и назначения убираемых клубней, а также уровня использования факторов интенсификации и схем посадки [2].

В условиях регионов повышенного увлажнения картофель возделывают по гребневой технологии. Предварительно сформированные почвенные гребни быстрее прогреваются и подсыхают, что позволяет производить посадку картофеля в более ранние сроки. В период вегетации картофеля в гребнях сохраняется и поддерживается благоприятные почвенно-воздушные условия для формирования клубней. Облегчается и механизированная уборка картофеля, возделываемого на гребнях при неблагоприятных влажных погодных условиях. Профильная поверхность гребневых посадок позволяет отводить излишнюю влагу из клубненосного почвенного пласта, расположенного в гребне. Для создания благоприятных условий для работы картофелеуборочных комбайнов производят предварительное удаление ботвы механическими или химическими способами. Предуборочное удаление ботвы способствует подсыханию гребней, что облегчает работу уборочной техники, ускоряет созревание клубней и способствует увеличению толщины перидермы и суберинового слоя клубня. Это приводит к снижению механических повреждений при уборке, транспортировке и хранении, уменьшению пораженных клубней фитофторозом, а также к улучшению семенных и продовольственных качеств картофеля [3, 4].

Вместе с тем, после проведения операции по удалению ботвы картофеля почва внутри гребней под действием солнечных лучей быстро и неравномерно по высоте гребня высыхает, образуя почвенную корку. При неравномерном и интенсивном высыхании почвы происходит ее растрескивание, которое приводит к образованию на поверхности гребней продольных глубоких щелей. В

совокупности с силами действия развивающихся клубней на почву,почвенные трещины и щели на поверхности гребня обнажают клубни картофеля, которые попадают под действие солнечных лучей. Как известно [3] действие солнечных лучей на клубни картофеля приводит к образованию в них солонина, выражающегося позеленением клубней, делающего непригодным картофель для употребления в пищу. При предпродажной подготовке такой картофель выбраковывается.

С целью уменьшения потерь картофеля из-за озеленения клубней, нами разработан и испытан комбинированный ботвоуботочный агрегат [5], дооборудованный профильным активным почвоуплотняющим катком с приводомво вращение от дополнительно установленного гидромотора, включенного в гидравлическую систему агрегатируемого трактора (рисунок 1).

Рисунок 1 – Общий комбинированного ботвоуборочного агрегата

Для выбора рациональных параметров и режимов работы профильного активного почвоуплотняющего катка в составе комбинированного ботвоуборочного агрегата составлена блок-схема модели функционирования его технологического процесса (рисунок 2).

Активный почвоуплотняющий каток является сложной динамической системой, которая преобразует входные возмущающие воз-

действия в выходные процессы, характеризующие качество процесса обработки поверхностного слоя почвы при движении агрегата по полю. При этом, все входные и выходные процессы являются функциями независимого аргумента, в данном случае пути l [6, 7].

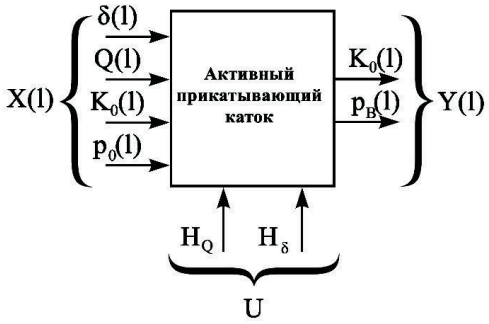


Рисунок 2 − Блок-схема модели технологического процесса активного почвоуплотняющего катка

Процессами, характеризующими качество функционирования активного прикатывающего катка X(l) приняты: плотность почвы до прохода агрегата $\rho_0(l)$, буксование катка δ(l), вертикальная нагрузка на каток Q(l), наличие почвенных трещин до прохода агрегата $K_0(l)$, а также управляющие воздействия Uв виде настроек буксования Hδ и вертикальной нагрузки HQ. Выходными Y(l) являются процессы, определяющие качество работы агрегата: наличиепочвенных трещин на поверхности гребня, оцениваемое коэффициентом K(l) и плотность почвы в поверхностном слое после прохода агрегата $\rho_в(l)$.

Модель рабочего процесса активного почвоуплотняющего катка была представлена совокупностью одномерных моделей, описываемых уравнениямив виде совокупности частных моделей вида [8]:

$$m_{y_i|x_i}^{(i)} = a_j^{(i)} + b_j^{(i)} * x_j^{(i)}. \quad (1)$$

Идентификация рабочего процесса сводится к определению вероятных значений коэффициентов $a_j^{(i)}$ и $b_j^{(i)}$ каждой модели по критерию минимума среднего квадрата ошибки. После обработки полученных данных получили уравнения регрессии для модели формирования активным прикатывающим катком твердости почвы поверхностного слоя ρ(l) и коэффициента, характиризующего наличие трещин на поверхности гребня после прохода агрегата K(l) (2 и 3).

$$\left.\begin{array}{c} m_{\rho(l)|\rho_0(l)} = 0{,}88 + 0{,}620 * m_{\rho_0(l)} \\ \text{при } p_{\rho_0\rho} = 0{,}48; \\ m_{\rho(l)|Q(l)} = 0{,}42 + 0{,}004 * m_{Q(l)} \\ \text{при } p_{Q\rho} = 0{,}37; \\ m_{\rho(l)|\delta(l)} = 0{,}74 + 0{,}032 * m_{\delta(l)} \\ \text{при } p_{\delta\rho} = 0{,}65; \end{array}\right\} \quad (2)$$

$$\left.\begin{array}{c} m_{K(l)|\delta(l)} = 0{,}63 - 0{,}270 * m_{\delta(l)} \\ \text{при } p_{\delta K} = 0{,}68; \\ m_{K(l)|K_0(l)} = 0{,}91 + 0{,}110 * m_{K_0(l)} \\ \text{при } p_{K_0K} = 0{,}54; \\ m_{K(l)|Q(l)} = 0{,}32 - 0{,}0018 * m_{Q(l)} \\ \text{при } p_{QK} = 0{,}28; \end{array}\right\} \quad (3)$$

Для уравнений (2) и (3) были вычислены оценки идентичности математических моделей объекту исследования.

Для модели формирования активным прикатывающим катком плотности почвы поверхностного слоя ρ(l) оценка идентичности составила:

$$\xi_\rho = {p_{\rho_0\rho}}^2 + {p_{Q\rho}}^2 + {p_{\delta\rho}}^2 = 0{,}48^2 + 0{,}37^2 + 0{,}65^2 = 0{,}791. \quad (4)$$

Для модели формирования активным прикатывающим катком коэффициента, характеризующего наличие почвенных трещин K(l) оценка идентичности составила:

$$\xi_K = {p_{\rho_0\delta}}^2 + {p_{K_0K}}^2 + {p_{QK}}^2 = 0{,}68^2 + 0{,}54^2 + 0{,}28^2 = 0{,}832. \quad (5)$$

Рассчитанные оценки свидетельствуют о высокой степени идентичности полученных математических моделей исследуемому объекту.

Для прогнозирования вероятностных значений процесса наличия почвенных трещин после прохода агрегата K(l) при известных аппроксимированных характеристиках входных процессов степени буксования δ(l), вертикальной нагрузки на каток Q(l) выполнено моделирование в программной среде Simulink пакета Matlab.

Моделированием получены рациональные значения режимов работы активного почвоуплотняющего катка в составе комбинированного ботвоуборочного агрегата. Установлено, что для устранения почвенных трещин на поверхности гребня необходимо поддерживать частоту вращения активного катка на 14–15% больше

скорости движения агрегата. Такой режим обеспечивается управлением частотой вращения выходного вала гидромотора при помощи специально разработанного устройства [3].

Выводы

В результате выполненных исследований, что наибольшее уплотнение почвы в поверхностном слое гребней с заделкой почвенных трещин обеспечивается при вращении активного почвоуплотняющего катка с буксованием δ = 14–20%. Моделированием также установлено, что дальнейшее увеличении буксования катка из-за особенностей взаимодействия катка с почвой не приводит к увеличению ее плотности в зоне поверхностного контакта.

На основании полученной информации разработан алгоритм управления частотой вращения активного катка в зависимости от изменяющихся условий работы ботвоуборочного агрегата и спроектировано устройство цифрового управления агрегатом. Применение активного почвоприкатывающего катка, с управляемым приводом в составе ботвоуборочного комбинированного агрегата, позволяет уплотнять поверхностный слой гребня и устранять трещины в почве в период предуборочной подготовки посадок картофеля, что в свою очередь снижает потери картофеля из-за его выбраковки, связанные с озеленением клубней.

Список источников

1. Туболев, С.С. Машинные технологии и техника для производства картофеля / С.С Туболев, С.И. Шеломенцев, К.А. Пшеченков, В.Н. Зейрук, под общей редакцией Н. Н. Колчина. М.: Агроспас, 2010. – 316 с.

2. Бердышев, В.Е. Сельскохозяйственные машины. Практикум: учебное пособие / В.Е. Бердышев, Л.И. Ерошенко, А.Б. Калинин, М.А. Новиков, В.А. Ружьев, В.А. Смелик, И.З. Теплинский; под редакцией М.А. Новикова. – СПб.: Проспект Науки, 2022. – 326 с.

3.Калинин, А.Б. Совершенствование технологического процесса работы ботвоудалителя с целью повышения товарных качеств клубней картофеля / А.Б. Калинин, И.З. Теплинский, О.В. Смелик, А.А. Манохина // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2018. – №2 (84). – С. 7–12.

4. Калинин, А.Б. Теоретические основы выбора рациональных режимов работы активного катка в составе комбинированного агрегата для подготовки посадок картофеля к уборке / А.Б. Калинин, И.З. Теплинский, В.Д. Врублевский, О.В. Смелик // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2012. – №28. – С. 346–350.

5. Патент РФ№2477943 A01D23/02. Комбинированный ботвоуборочный агрегат/ В.А. Смелик, И.З. Теплинский, О.В. Смелик, М.Н. Поликарпов – Заявка 2011133441/13, 09.08.2011, Опубл.: 27.03.2013 Бюл. № 9.

6. Лурье, А.Б. Сельскохозяйственные машины (Машины для обработки почвы, посева, посадки, внесения удобрений и химической защиты растений) (учебное пособие) / А.Б. Лурье, В.Г. Еникеев, И.З. Теплинский, В.А. Смелик. Санкт-Петербург: СПбГАУ, 1998. – 366 с.

7.Смелик, В.А. Критерии оценки и методы обеспечения технологической надежности сельскохозяйственных агрегатов с учетом вероятностной природы условий их работы : диссертация на соискание доктора технических наук / В.А. Смелик; Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург, Пушкин, 1999. – 704 с.

8.Смелик, В.А. Технологическая надежность сельскохозяйственных агрегатов и средства ее обеспечения: монография / В.А. Смелик. – Ярославль, 1999. – 230 с.

УДК 629.016

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

к.т.н. А.С. Угловский; к.т.н., доцент И.М. Соцкая
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Аннотация. В данной статье представлены результаты моделирования гибридного электромобиля на топливных элементах, в котором система топливных элементов интегрирована с бортовой аккумуляторной системой накопления энергии для обеспечения электроэнергией двигательных и вспомогательных систем. Целью модели является разработка инструмента, подходящего для прогнозирования потребления водорода, анализа динамических

характеристик и оптимизации управления энергопотреблением. Исследуемая модель представляет собой интеграцию уравнений продольной динамики транспортного средства, модели трансмиссии и проверенных моделей источников питания и силовой электроники. Модель разработана в среде программирования Matlab/Simulink с библиотекой SimPowerSystems. Чтобы адаптировать резкое падение напряжения по отношению к нагрузке электрического тока топливного элемента к более постоянному требованию напряжения, между топливным элементом и литий-ионной батареей большой мощности был реализован преобразователь постоянного тока в постоянный. Результаты показывают пригодность модели для прогнозирования запаса хода и динамических характеристик автомобиля.

Ключевые слова: гибридный электромобиль, топливные элементы, электрическая система, водород, система электропривода.

MODELING AND ANALYSIS OF HYBRID MOTOR TRANSPORT ON HYDROGEN FUEL CELLS

Candidate of Technical Sciences A.S. Uglovsky;
Candidate of Technical Sciences, Docent I.M. Sotskaya
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Abstract. This article presents simulation results for a fuel cell hybrid electric vehicle in which a fuel cell system is integrated with an on-board battery energy storage system to provide power to propulsion and auxiliary systems. The aim of the model is to develop a tool suitable for hydrogen consumption forecasting, dynamic performance analysis and energy management optimization. The model under study is an integration of the equations of the longitudinal dynamics of the vehicle, the transmission model and the proven models of power supplies and power electronics. The model was developed in the Matlab/Simulink programming environment with the SimPowerSystems library. In order to adapt the sudden voltage drop with respect to the fuel cell electric current load to the more constant voltage demand, a DC/DC converter was implemented between the fuel cell and the high power lithium ion battery. The results show the model's suitability for predicting vehicle range and dynamic performance.

Keywords: hybrid electric vehicle, fuel cells, electrical system, hydrogen, electric drive system.

Введение

Более строгие нормы выбросов загрязняющих веществ вынуждают производителей транспортных средств внедрять новые решения, основной целью которых является повышение эффективности преобразования энергии при сохранении или даже повышении динамических характеристик и комфорта пассажиров. Эти требования приводят к сокращению выбросов парниковых газов, выраженных в г/км CO_2 [1].

Аккумуляторные электромобили обеспечивают более низкое потребление энергии, чем автомобили с двигателями внутреннего сгорания. Основными недостатками использования электроэнергии в качестве основного источника энергии являются длительное время перезарядки и отсутствие инфраструктуры для зарядки электромобилей, что ограничивает использование электромобилей. Эффективным решением для увеличения запаса хода автомобиля и сокращения времени дозаправки является внедрение гибридных автомобилей на топливных элементах. Из-за увеличенного диапазона, обеспечиваемого водородными блоками, заправочная инфраструктура может быть реализована проще, чем зарядка аккумуляторов, поскольку требуется меньше станций.

Топливный элемент с протонообменной мембраной (pemfc)

Топливные элементы PEM работают при температурах ниже 1000 С, что считается низкими температурами [3], что делает их температурно-совместимыми со многими современными автомобильными системами. Однако из-за низкого температурного градиента к температуре окружающей среды требуются теплообменники большего размера. В топливном элементе происходит химическая реакция для преобразования водорода и кислорода в воду с высвобождением электронов в процессе. Другими словами, водородное топливо окисляется в результате простой реакции, в результате которой образуется вода и электрический ток. Удельная мощность как PEM, так и твердооксидного топливного элемента (SOFC) находится в диапазоне 500 мВт/см^2 при типичных условиях эксплуатации. Пиковая плотность мощности в идеальных условиях оценивалась более чем в 1000 мВт/см^2 [3].

Падение напряжения является результатом четырех основных необратимых причин:

– Активационные потери: при передаче электронов от электрода или к электроду часть энергии теряется.

– Переход топлива и внутренние токи: часть топлива и электронов проходят через электролит, не отдавая полезной энергии.

– Омические потери: электроды и соединения имеют собственное сопротивление прохождения электронов. В результате часть энергии теряется в виде тепла.

– Массоперенос или потери концентрации: концентрация реагентов на поверхности электрода уменьшается с увеличением выходного тока [4].

Модель топливных элементов SymPowerSystems

Данная модель, доступная в библиотеке SymPowerSystems от Symulink, представляет конкретный блок топливных элементов, когда такие параметры, как давление, температура, составы и скорости потока топлива и воздуха, изменяются (8). Изменения этих параметров влияют на напряжение холостого хода (E_{oc}), ток обмена (i_0) и наклон Тафеля (A). Скорости превращения (использования) водорода (UfH2) и кислорода (UfO2) определяются в блоке A. следующим образом:

$$U_{fH_2} = \frac{60000 \cdot R \cdot T \cdot N \cdot i_{fc}}{2z \cdot F \cdot P_{H_2} \cdot V_{lpm(H_2)} \cdot x\%}$$

$$U_{fO_2} = \frac{60000 \cdot R \cdot T \cdot N \cdot i_{fc}}{2z \cdot F \cdot P_{aer} \cdot V_{lpm(aer)} \cdot y\%}$$

где N – количество ячеек;

i_{fc} – генерируемый электрический ток;

PH2 – абсолютное давление подачи водорода; Vlpm(H2) – расход водорода;

P_{aer} – абсолютное давление подачи воздуха;

Vlpm(air) – расход воздуха;

x% – процентное содержание водорода в топливе;

y% – процентное содержание кислорода в воздухе.

На основании соотношений [4] и [5] можно сделать вывод, что для работы батареи топливных элементов с оптимальным КПД, близким к номинальным значениям преобразования, необходима система управления потоком. Для решения этой проблемы был реализован блок управления. Он регулирует массовый расход водорода и воздуха в зависимости от предполагаемого потребления

электроэнергии системой привода. Массовый расход водорода определяется по формуле:

$$\dot{m} = \frac{p \cdot M}{R \cdot T} \cdot V_{lpm(H_2)} \cdot \frac{1}{60000} \quad \left[\frac{g}{s}\right]$$

где p – давление водорода;

M – молярная масса водорода.

Управление топливными элементами

Для максимально эффективной работы топливного элемента был реализован регулятор расхода H2 и воздуха. Управление топливными элементами использует регулятор массового расхода (регулятор расхода H2 и воздуха) потреблением водорода и воздуха в соответствии с предполагаемым потреблением электрического тока. Система включает две конфигурации с замкнутым контуром. Один использует прямое измерение электрического тока топливного элемента (i_FC), а другой основан на расчетном потреблении тока. Наибольшее значение из этих двух всегда используется для расчета массового расхода топливного элемента PEM. Блок топливных элементов, выполненный в MATLAB/Simulink, представлен на рисунке 1.

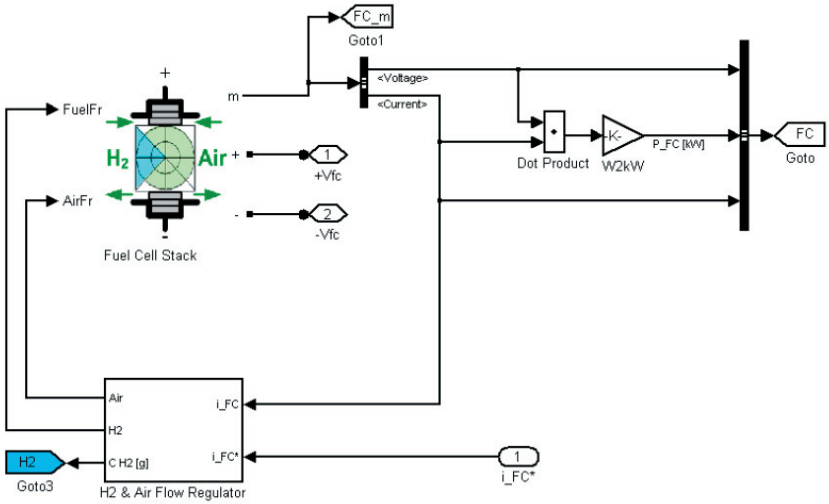


Рисунок 1 – Блок топливных элементов
с регулятором расхода H2 и воздуха

Электрическая система

Стек топливных элементов и регулятор потока H2 и воздух установлены в модуль стека FC, который подключен к преобразователю постоянного тока для зарядки литий-ионной батареи внутри электрической системы. Подробная схема электрической системы показана на рисунке 2.

Преобразователь постоянного тока в постоянный содержит блок контроллера рабочего цикла шины, который управляет модулем биполярного транзистора с изолированным затвором (IGBT) в блоке силовой электроники. Электрическая схема блока Power Electronics основана на преобразователе DC/DC. В целях для ускорения процесса моделирования для модуля IGBT использовалась математическая модель среднего тока. Литий-ионная батарея, реализованная из библиотеки SymPowerSystems, представляет собой универсальную динамическую модель, параметризованную номинальным напряжением 288 В и номинальной емкостью 13,9 А·ч.

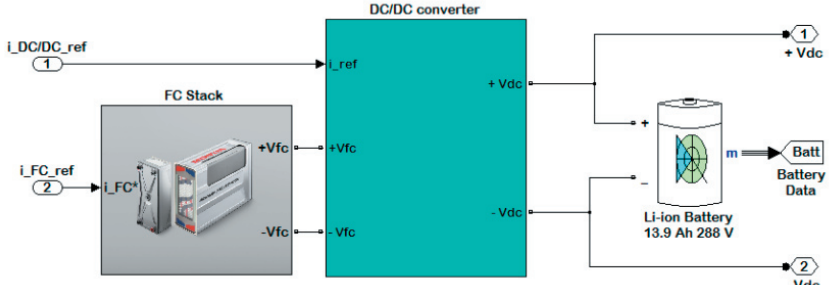


Рисунок 2 – Электрическая система

Электрическая система интегрирована в систему электрического привода, которая описана ниже.

Система электропривода

Представление модели Simulink для системы электропривода представлено на рисунке 3.

Система электропривода состоит из четырех основных блоков и модуля безопасности:

1. Блок управления электроэнергией (Power Control);
2. Блок электрической системы (Electric System);
3. Блок контроллера электродвигателя (PDU – Power Drive Unit);
4. Синхронный двигатель с постоянными магнитами и блок трансмиссии (PMSM & Transmission);

5. Модуль безопасности и электрических измерений (Watchdog & Electrical Measurements).

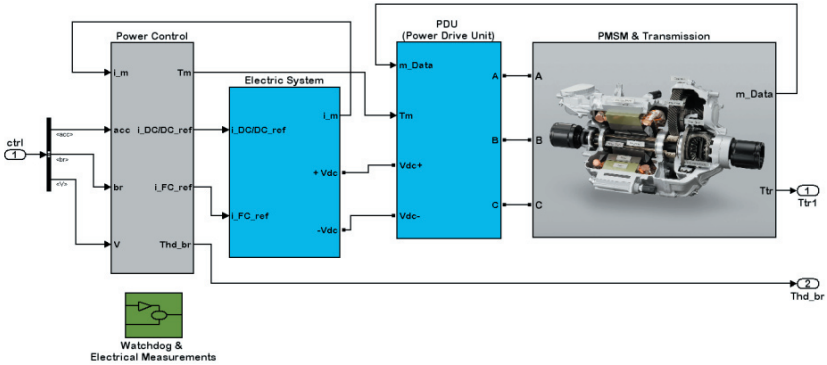


Рисунок 3 – Система электропривода

PDU (Power Drive Unit) основан на модифицированном инверторе среднего значения (блок AC6 от библиотеки SymPower Systems). Инвертор состоит из одного регулируемого источника тока на стороне постоянного тока и двух регулируемых источников тока и двух регулируемых источников напряжения на стороне переменного тока.

Источник постоянного тока позволяет представить поведение среднего тока шины постоянного тока с помощью следующего уравнения:

$$I_{dc} = (P_{out} + P_{losses})/U_{in}$$

где P_{out} – выходная мощность;

P_{losses} – потери в силовых электронных устройствах;

U_{in} – напряжение на шине постоянного тока.

На стороне переменного тока источники тока представляют собой средние фазные токи, подаваемые на двигатель. При быстром регулировании текущие значения устанавливаются равными текущим заданиям, отправленным регулятором тока. Небольшой ток подается для компенсации тока, потребляемого трехфазной нагрузкой (необходимо из-за источников тока инвертора, включенных последовательно с асинхронным двигателем).

Модель дискретная. Результаты моделирования были получены с временным шагом 2 мкс. Для имитации устройства цифрового контроллера система управления имеет два разных времени выборки:

– Время выборки регулятора скорости;

– Время выборки векторного контроллера.

Время выборки регулятора скорости должно быть кратно времени выборки векторного регулятора. Последнее время выборки должно быть кратно шагу времени моделирования. Инвертор среднего значения позволяет использовать более крупные временные шаги моделирования, поскольку он не создает малых постоянных времени (из-за демпферов RC), присущих детализированному преобразователю. Хорошие результаты моделирования были получены для временного шага моделирования 75 мкс. Временной шаг симуляции не может быть выше, чем временной шаг векторного контроллера. Поскольку поток ротора обеспечивается постоянными магнитами, прямая составляющая тока статора устанавливается равной нулю внутри блока векторного контроллера.

Подсистема трансмиссии, которая содержится внутри блока электродвигателя, имеет передаточное отношение 9,44:1 и постоянный КПД 96%.

Для управления крутящим моментом электродвигателя, током топливного элемента и током инвертора DC/DC управление питанием было реализовано внутри модуля управления мощностью.

Управление мощностью

Внутри модуля управления питанием находятся три блока: оценка тока перезарядки батареи, оценка мощности привода и оценка тока. Модули представлены на рисунке 4.

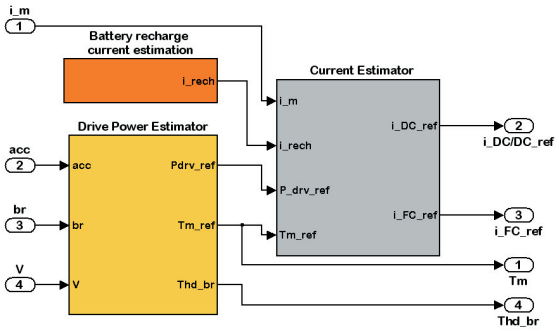


Рисунок 4 – Модули управления мощностью и блоки изменения скорости

Основываясь на сигналах положения педали акселератора (acc), положения педали тормоза (br) и скорости автомобиля (V), модуль Drive Power Estimator выполняет следующие функции:

– Оценивает опорную мощность, необходимую для тяги (Pdrv_ref);

– Оценивает эталонный крутящий момент двигателя (Tm);

– Расчет тормозного момента для гидравлической тормозной системы (Thd_br).

Определение подзарядки батареи осуществляется током подзарядки (i_rech) в соответствии с SOC (состоянием заряда батареи). Аккумулятор заряжается постоянным током 15 А, когда SOC составляет менее 80%, когда автомобиль стоит или движется. При рекуперативном торможении ток будет пропорционален тормозному моменту, но не выше 60 А. Расчетная тяговая мощность ограничена от -12,5 кВт до 100 кВт, а расчетный крутящий момент двигателя имеет нижний предел -256 Н·м и верхний предел 256 Н·м. Расчетный эталонный ток топливного элемента ограничен от минимума 2,7 А до максимума 347 А, в то время как ток преобразователя постоянного тока в постоянный находится в диапазоне от 2,8 А до 350 А. Решение полного электрического тока определяется по следующим факторам:

– Ток топливного элемента (i_FC_ref);

– Ток преобразователя DC/DC (i_DC/DC_ref).

Система электропривода является частью глобальной модели, представляющей транспортное средство и водителя.

Общая модель

Общая модель представлена на рисунке 5 и содержит следующие подсистемы:

1. Драйвер основан на ПИД-регуляторе и выполняет функцию поддержания небольшой разницы между реальной и эталонной скоростью;

2. Система электропривода состоит из топливного элемента, литий-ионного аккумулятора, преобразователя постоянного/постоянного тока; преобразователь, инвертор и СДПМ (синхронный двигатель с постоянными магнитами);

3. Транспортное средство основано на продольной динамической модели автомобиля;

4. Потребление H2 и запас хода оценивают мгновенное потребление водорода в отношение к расстоянию и общему запасу хода автомобиля.

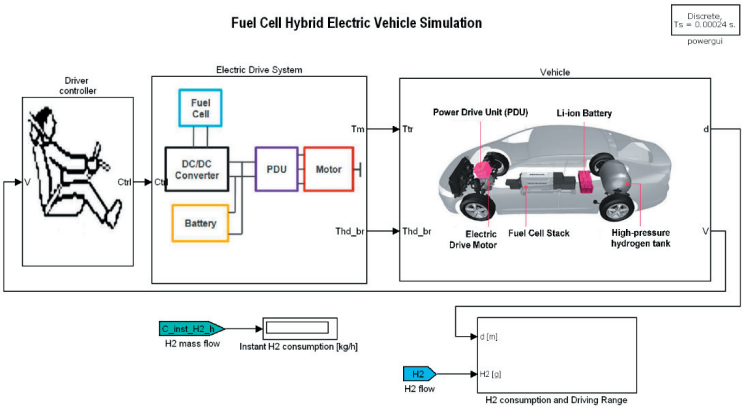


Рисунок 5 – Общая модель

Общая модель использовалась специально для расчета потребления водорода по отношению к скорости транспортного средства, измерения потребления электроэнергии и оценки эффективности топливных элементов.

Результаты

Мгновенное потребление водорода, как видно из рисунка 6, возрастает до максимального значения 0,8 кг/ч при ускорении и падает до минимального значения 0,05 кг/ч при использовании рекуперативного торможения.

Высокое время отклика топливного элемента вызвано явлением «двойного слоя заряда» из-за накопления зарядов на границе раздела электрод/электролит и динамикой внешнего оборудования, такого как регуляторы, компрессор и нагрузки (7).

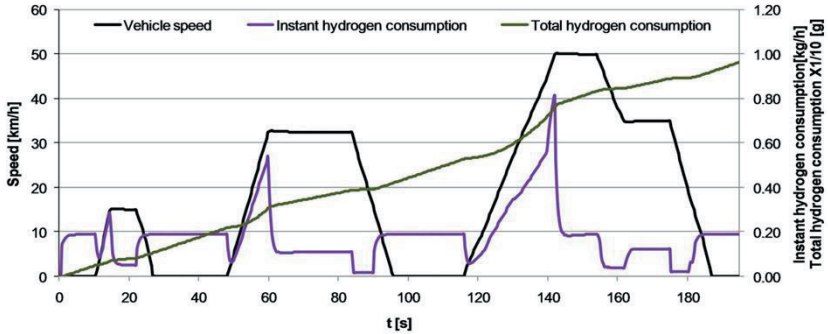


Рисунок 6 – Потребление водорода и скорость автомобиля во время цикла

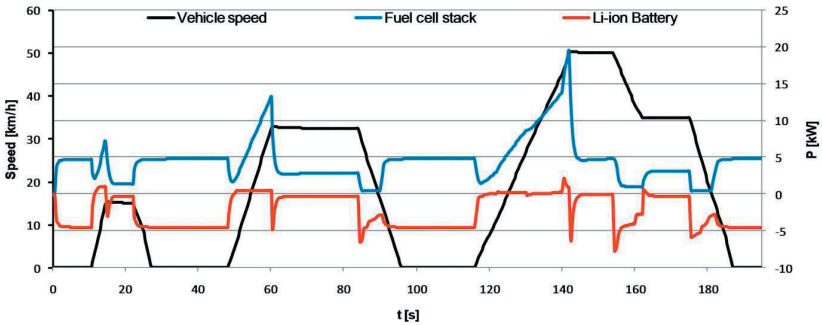


Рисунок 7 – Скорость автомобиля и электрическая мощность батареи топливных элементов и батареи во время цикла

Излишки электроэнергии идут в аккумулятор, таким образом поддерживая систему в равновесии. Это явление можно наблюдать на рис. 8 в виде сильного отрицательного тока на клеммах аккумулятора при переходе от положительного ускорения к постоянной скорости.

Выводы

Среднее значение, полученное для эффективного КПД батареи топливных элементов, составило 63,88%. Этот результат очень близок к среднему максимальному теоретическому значению, которое можно было бы получить при идеальном контроле (64,95%). Таким образом, была продемонстрирована эффективность реализованного алгоритма управления массовым расходом водорода и воздуха. Погрешность относительно скорости транспортного средства по сравнению с эталонной скоростью NEDC при использовании блока управления ускорением и торможением (Driver-PID Controller) очень мала (0,67 %).

Список источников

1. Nabil Karami, Nazih Moubayed, Rachid outbib, «Maximum Power Point Tracking With Reactant Flow Optimization Proton Exchange Membrane Fuel cell» Journal of Fuel Cell Science and Technology 08/2013; pp.14.

2. Muthukumar, M.; Rengarajan, N.; Velliyangiri, B.; Omprakas, M.A.; Rohit, C.B.; Kartheek Raja, U. 2021 «The development of fuel cell electric vehicles – A review» Materials today: proceedings, pp. 1181–1187.

3. P S, Pravin; Bhartiya, Sharad; Gudi, Ravindra D. 2019 «Modeling and Predictive Control of an Integrated Reformer-Membrane-Fuel Cell-Battery Hybrid Dynamic System» Industrial & engineering chemistry research, 58(26): pp. 11392-11406.

4. Hemmati, R.; Saboori, H. 2016 «Emergence of hybrid energy storage systems in renewable energy and transport applications – A review» Renewable & sustainable energy reviews, 65(): pp. 11–23

5. Garrigos, A.; Blanes, J.M.; Lizan, J.L. 2011 «Non-isolated multiphase boost converter for a fuel cell with battery backup power system» International journal of hydrogen energy, 36(10): pp. 6259–6268

6. M. Hosseini, A. H. Shamekhi, A. Yazdani, «Modeling and Simulation of a PEM Fuel Cell (PEMFC) Used in Vehicles», SAE International, Vol. 1, No. 1233, 2012 DOI: https://doi.org/10.4271/2012-01-1233

УДК 629.016

СРАВНЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ИНТЕРФЕЙСОВ OBD И CAN, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ДИАГНОСТИКИ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЯ

к.т.н. А.С. Угловский; к.т.н., доцент И.М. Соцкая
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Аннотация. Авторы статьи знакомят с методикой диагностики автомобиля и системой OBD, сравнивают и анализируют несколько видов диагностических протоколов, широко используемых в бортовой системе диагностики. Что касается проблем ручных диагностических устройств, используемых на современном рынке, в статье представлена общая компьютерная система диагностики неисправностей автомобиля, основанная на конструктивной схеме OBD-системы.

Ключевые слова: шина CAN, управление автопарком, стандарт FMS, ИКТ в дорожных транспортных средствах, OBD, CAN, интеллектуальный транспорт, телематика, диагностика автомобилей.

COMPARISON OF OBD AND CAN DIAGNOSTIC INTERFACES USED TO DIAGNOSE VEHICLE SYSTEMS

Candidate of Technical Sciences A.S. Uglovsky;
Candidate of Technical Sciences, Docent I.M. Sotskaya
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Abstract. The authors of the article introduce the methods of car diagnostics and the OBD system, compare and analyze several types of diagnostic protocols widely used in the on-board diagnostic system.

With regard to the problems of manual diagnostic devices used in the current market, the article presents a general computer system for diagnosing vehicle malfunctions based on the constructive scheme of the OBD system.

Keywords: CAN bus, fleet management, FMS standard, ICT in road vehicles, OBD, CAN, intelligent transport, telematics, vehicle diagnostics.

Введение

В центре внимания научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области интеллектуальных транспортных систем находится повышение безопасности дорожного движения и повышение эффективности транспорта. Телематические системы могут предоставлять значения достоверную информацию о транспортном средстве в режиме реального времени [1]. Информация, относящаяся к дорожным транспортным средствам, может быть разделена на несколько типов, но техническая информация, предоставляемая через электронную сеть современных транспортных средств, становится все более важным сегментом. Использование стандартной бортовой диагностики (OBD) в настоящее время является популярным решением для получения технических данных от автомобиля, но оно имеет свои ограничения [2]. Профессиональные системы скорее используют прямой доступ к сети CAN автомобиля для извлечения более подробных технических данных из связи с ЭБУ (электронно-бортовым устройством) [3]. Даже поставщики услуг автоматического определения местоположения транспортных средств сталкиваются с трудностями в разграничении возможностей и потенциала шины CAN и OBD. В этой статье определены различия между решениями, доступными на рынке, путем сравнения стандарта FMS CAN, стандарта OBD и протокола CAN. Одной из целей этой исследовательской деятельности является прояснение путаницы в отношении связи OBD и CAN с точки зрения поставщиков телематических систем.

Устройства и приложения, основанные на технической информации, полученной от датчиков транспортных средств, приносят больше пользы водителям, владельцам автопарков и даже страховым компаниям. Следовательно, важно понимать, как современные технологии могут получить доступ к данным датчиков транспортных средств, как мы можем получить обширную, точную и актуальную информацию от датчиков транспортных средств.

Существуют и другие текущие исследования, посвященные «умному автомобилю», используя некоторый беспроводной интерфейс для доступа к информации об автомобиле в режиме реального времени.

Растущая активность в области интеллектуальных транспортных систем (ИТС) сталкивается с серьезным ограничением: медленными темпами автомобильная промышленность делает автомобили «умнее». Индустрия смартфонов быстро развивается, комбинируя смартфоны с существующими транспортными средствами через соответствующий интерфейс, можно предоставить пользователю новые функции и услуги во время вождения. В литературе [4] авторы предлагают приложение на базе Android, которое контролирует транспортное средство через интерфейс OBD и способно обнаруживать аварии. Экспериментальные результаты с использованием реального автомобиля показывают, что приложение способно реагировать на события аварии менее чем за 3 секунды, что является очень коротким временем проверки применимости решений на основе смартфонов для повышения безопасности на дороге. OBD можно использовать не только для доступа к данным автомобиля, но и как интерфейс для диагностики.

Уже есть несколько существующих сервисов, которые пытаются использовать интерфейс OBD для разных целей. В литературе [5] представлено решение «Стили вождения». Предлагаемая архитектура объединяет методы интеллектуального анализа данных и нейронные сети для создания классификации стилей вождения путем анализа поведения водителя на каждом маршруте.

OBD для телематики

Несмотря на то, что OBD не был изобретен для телематических приложений, на практике поставщики телематических решений часто используют эту технологию в качестве недорогой альтернативы для доступа к технической информации о транспортном средстве.

В настоящее время система OBD является распространенным решением для получения сенсорной информации о транспортных средствах. Для целей ИТС и телематики OBD имеет большой потенциал, но необходимо также знать о его ограничениях.

Обычно говорят, что наибольшее преимущество использования OBD – это простота доступа и тот факт, что для установки не

требуется профессиональный механик. Также предполагается, что из-за стандартизации метод доступа к данным одинаков для всех транспортных средств, все транспортные средства предоставляют все значения, определенные стандартом, и, таким образом, одно и то же устройство может использоваться во всех транспортных средствах.

Теоретически это так, но когда дело доходит до практики, вскоре оказывается, что дело обстоит не так просто. Во-первых, физическое расположение разъема OBD не всегда позволяет использовать специальное устройство во время вождения, поскольку оно предназначено для использования в качестве диагностической возможности на станции технического обслуживания. Подключенное измерительное устройство может мешать водителю или сделать невозможным использование некоторых органов управления (педали, стояночный тормоз и т. д.) (например, см. рисунок 1).

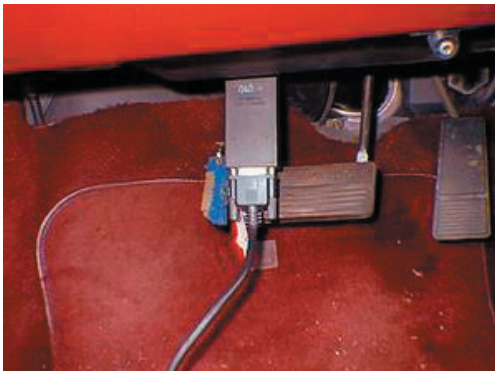


Рисунок 1 – Неудобное расположение разъема OBD (пример)

Дальнейшие трудности обычно возникают из-за недостатка в конкретной реализации стандарта OEM. Согласно домашней странице OBD: используется пять основных протоколов OBD, каждый из которых имеет незначительные вариации в схеме связи между бортовым диагностическим компьютером и консолью или инструментом сканера. CAN – новейший протокол, добавленный в спецификацию OBD, и он обязателен для всех моделей 2008 года и новее [5].

Неопытный глаз также может сбить с толку, что есть протокол OBD на основе физического уровня CAN, который не имеет ничего общего с протоколом CAN для частных автомобилей (за исключением некоторых OEM-производителей, таких как Toyota

или Ford, где они используют один и тот же физический уровень, например, провода). [5].

Коды, указанные OEM, и доступная информация датчиков могут варьироваться от автомобиля к автомобилю, а стандартные доступные полезные данные содержат не более 4–7 параметров в стандартном режиме OBD 1-10. Например, семейство OBD Streamer компании B&B Electronics перечисляет 26 параметров, но большинство из них представляют собой информацию о состоянии двигателя и его вспомогательного оборудования [5].

Еще одной важной характеристикой OBD является частота повторения имеющихся данных. В связи с тем, что эти данные доступны на основе вопрос-ответ, чем больше (разных) данных считывается, тем меньше время повторения будет для каждого типа данных. Как правило, следует учитывать, что скорость заполнения данных ODB составляет 1 секунду.

Стандарт FMS (система управления парком) посвящен промышленным требованиям телематики. Он был создан в 2002 году, когда шесть крупных производителей грузовых автомобилей (Volvo, Scania, Iveco, MAN, DAF, Mercedes-Benz) решили создать стандартизированный интерфейс транспортного средства для автоматического обнаружения транспортных средств или широко известный как системы слежения на основе GPS. Таким образом, независимо от того, какой OEM производил транспортное средство, если оно было оснащено интерфейсом FMS, выход был одинаковым для всех транспортных средств [5]. Например, интерфейс FMS Standard 1.0 предоставляет 19 параметров помимо информации о тахографе. Что касается того, что информационное сообщение цифрового тахографа (DTCO) само по себе может содержать 13 элементов данных, то стандарт FMS Standard 1.0 может предоставлять информацию до 32 различных типов [4].

FMS Standard 2.0 дополнительно содержит еще 8 параметров. Стандарт FMS 3.0, выпущенный в 2012 году, содержит стандарт FMS (для грузовых автомобилей) и стандарт FMS для автобусов, унифицированные в одном документе. FMS 3.0 определяет 33 общих параметров для грузовых автомобилей и автобусов, еще 16 для грузовых автомобилей и 26 только для автобусов и доступна с 2012 года [4].

Еще один примечательный факт, что время повторения данных CAN составляет порядка 10–50 миллисекунд. Это означает возможность большей точности измерения, особенно когда требуется

математическое интегрирование или статистическое распределение измеренных данных.

Доступная информация датчика

Несмотря на количество параметров, доступных на FMS существенно превышает соответствующие данные по OBD, CAN для коммерческих автомобилей содержит на порядки больше информации. «В автомобиле высокого класса, таком как VW Phaeton, может быть более 2500 различных сигналов…» [4].

На приведенной ниже диаграмме (рисунок 2) показано приблизительное количество информации датчиков автомобиля с использованием различных технологий доступа.

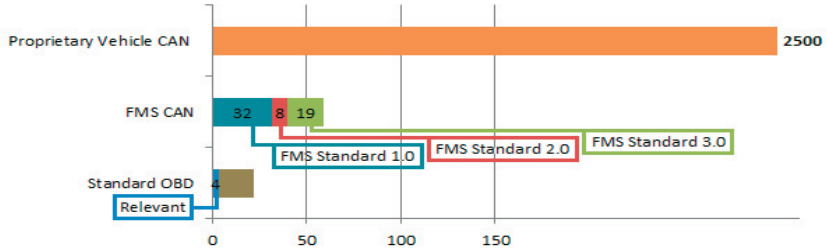


Рисунок 2 – Примерный объем доступной информации датчиков автомобиля при использовании различных технологий доступа

Стандарт FMS

Стандарт FMS основан на SAE J1939/71 прикладной уровень и уровень канала передачи данных SAE J1939/21, обеспечивающий совместимую со стандартом ISO 11898-2 шину CAN со скоростью 250 кбит/с в качестве стандартизированного выходного коммуникационного интерфейса. Проприетарные протоколы CAN транспортных средств отличаются от них тем, что более высокие уровни не стандартизированы, а зависят от OEM (и модели). Это означает, что у всех разных марок автомобилей есть свои собственные специфические протоколы CAN.

Чтобы получить доступ к данным CAN для собственных автомобилей, нужно «понимать» все различные «языки транспортных средств», что, например, делает Inventure Automotive [3].

Схема измерений

Демонстрационные измерения основаны на двух устройствах, подключенных к шинной системе измеряемого автомобиля, кото-

рые непрерывно передают измеренные данные через мобильный Интернет.

Диагностический интерфейс OBD

Рисунок 3 – Диагностический интерфейс OBD, используемый для проверки автомобиля

Интерфейс OBD, используемый для демонстрации, представляет собой диагностический интерфейс Bluetooth. После подключения к бортовому диагностическому разъему автомобиля он собирает данные, имеющиеся в OBD. Данные могут быть получены и обработаны через специальное приложение для мобильного телефона, подключенное к нему (рисунок 3).

Интерфейс FMS CAN

Рисунок 4 – Интерфейс FMS CAN, используемый для тестирования автомобиля

Интерфейс FMS CAN подключен к фирменной шине CAN автомобиля автомобиля. Он собирает данные на языке конкретного автомобиля, вычисляет и преобразует данные в стандарт FMS, который доступен на выходе через встроенный интерфейс Bluetooth (рисунок 4).

Конструкция измерительной системы

На рынке доступно множество приложений для телефонов, которые могут отслеживать определенные данные датчиков авто-

мобиля. Следовательно, устройства сбора данных используются в режиме онлайн, а не в режиме регистратора. Телефон 3, предоставляющий мобильный интернет через Wi-Fi для телефонов 1 и 2, имитирует ситуацию, когда телефоны, на которых запущено приложение, не должны иметь прямого доступа в Интернет. Например, телефон 1 и 2 не должны содержать SIM-карту.

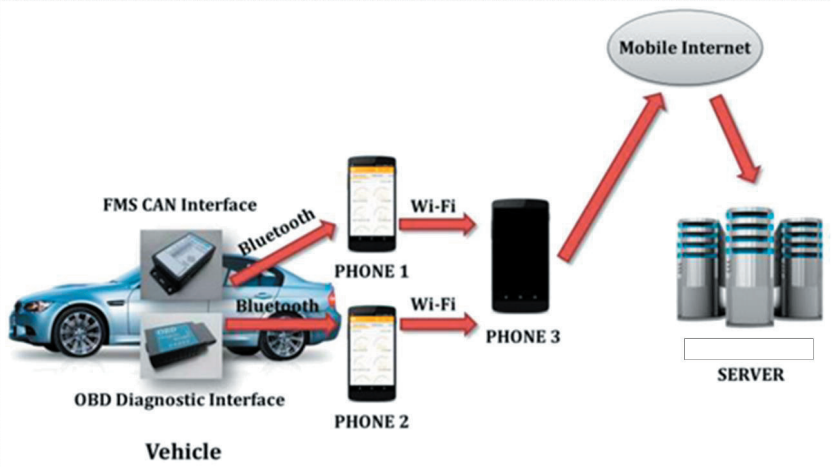


Рисунок 5 – Схема системы прикладной передачи данных при измерениях

На приведенном выше рисунке (рисунок 5) показана передача данных от автомобиля на сервер, реализованная посредством мобильной интернет-связи. Он имеет ограниченную пропускную способность, поэтому, несмотря на то, что сбор данных CAN мог бы обеспечить еще более высокую частоту повторения, в текущей установке измерения демонстратора частота повторения была ограничена 5 Гц (5 блоков сообщений) в случае данных CAN.

Выводы

Скорость автомобиля и частота вращения двигателя измеряются более точно при использовании CAN. Он содержит больше точек измерения, а также четко нанесены пиковые значения, которые отсутствуют в измерении OBD.

Список источников

1. Gáspár, P., Szalay, Z. and Aradi, S. (2014). Highly Automated Vehicle Systems. Report No. 978-963-313-173–2. BME MOGI:

Department of Mechatronics, Optics, and Mechanical Engineering Informatics, Budapest University of Technology and Economics, Budapest.

2. Tölgyesi Z., Fedélzeti diagnosztika (OBD), Maróti Könyvkereskedés és Könyvkiadó Kft. Budapest, 2006. ISBN 963-9005-70-3.

3. Dolgov, D., Thrun, S., Montemerlo, M., Diebel, J. 2010. Path Planning for Autonomous Vehicles in Unknown Semi-structured Environments, The International Journal of Robotics Research, Vol. 29, No. 5,485-501.

4. Zaldivar, J., Calafate, C.T., Cano, J.C.; Manzoni, P.: Providing accident detection in vehicular networks through OBD-II devices and Android-based smartphones, Local Computer Networks (LCN), 2011 IEEE 36th Conference on, vol., no., pp.813, 819, (2011)

5. Hu Jie, Yan Fuwu, Tian Jing, Wang Pan, Cao Kai: Developing PC-Based Automobile Diagnostic System Based on OBD System, Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), 2010 Asia-Pacific , vol., no., pp. 1, 5 (2010).

УДК 536.25

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНЕСТАТИСТИЧЕСКОГО ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ПО ВЫСОТЕ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ

к.т.н. Т.А. Файзиев; ст. преподаватель Ж.Д. Садыков;
ст. преподаватель И.М. Файзуллаев;
преподаватель М.М. Хидиров
(Каршинский инженерно-экономический институт,
г. Карши, Узбекистан)

Аннотация: В работе рассмотрена среднестатистическое изменение температуры воздуха в солнечных сушильных установках, приведена корреляционная зависимость изменения температуры воздуха по высоте сушильной камеры.

Ключевые слова: солнечная энергия, солнечная сушильная установка, конвекция.

A MATHEMATICAL MODEL FOR DETERMINING THE AVERAGE CHANGE IN AIR TEMPERATURE OVER THE HEIGHT OF A SOLAR INSTALLATION

Candidate of Technical Sciences T.A. Fayziev;
senior teachers J.D. Sadykov, I.M. Fayzullaev;
teacher M.M. Khidirov
(Karshi Engineering and Economic Institute, Karshi, Uzbekistan)

Abstract: The paper considers the average change in air temperature in solar drying plants, shows the correlation dependence of the change in air temperature along the height of the drying chamber.

Keywords: solar energy, solar drying plant, convection.

В дневное время в период инсоляции, солнечная радиация прогревает внутренние поверхности установки. Естественной конвекцией тепло передается воздушной среде. Эти процессы в замкнутом объеме низкотемпературных солнечных установках (теплицах, сушилках) приводят к температурной изменений воздуха по высоте конструкции [1].

Методика

Естественная конвекция приводит к стабилизации изменений температуры, которая определяется убыванием плотности среды по вертикали:

$$\partial\rho/\partial h < 0. \qquad (1)$$

Влажный воздух рассматривается как смесь идеальных газов, состоящую из сухого воздуха и перегретого пара (при ненасыщенном воздухе) или насыщенного пара (при насыщенном воздухе). В общем виде плотность влажного воздуха среды является функцией $\rho = \rho(t, p, C)$ температуры t, давления p и концентрации пара C.

В условиях солнечных установок барометрическое давление принимается постоянным p = const. Тогда зависимость разности плотностей, определяющих Архимедову выталкивающую силу, от совместного действия переноса тепла и концентрации можно представить в следующем виде

$$\Delta\rho = \Delta\rho_t + \Delta\rho_c = \rho_o\, \beta_t\, (t - t_h) + \rho_o\, \beta_c\, (C - C_h), \qquad (2)$$

где $\rho_o = \rho(t,C)$ – выбранная плотность среды, относительно которой определяется выталкивающая сила;

$\rho_h = \rho(t_h, C_h)$ – рассматриваемая плотность.

В низкотемпературных солнечных установках в процессах переноса, изменение плотности в зависимости от t и C можно принять линейным. Тогда коэффициенты температурного β_t и концентрационного β_c расширения среды определяются следующими выражениями:

$$\beta_t = -\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial\rho}{\partial t}\right)_{p,C}; \quad \beta_c = -\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial\rho}{\partial C}\right)_{p,t}. \qquad (3)$$

Для идеальных газов

$$\beta_t = 1 / T_o = 1 / 273{,}15. \qquad (3а)$$

Из выражений (3) и (3а) получим

$$\beta_c = \frac{1}{C - C_y}\left(\frac{\rho_o - \rho_y}{\rho_o} - \frac{t - t_y}{273{,}15}\right). \qquad (3б)$$

Результаты

Если известны температура, давление и относительная влажность воздуха, плотность воздуха определяется следующими выражениями [2]:

$$\rho = \frac{p \cdot \mu}{R \cdot T}; \quad T = 273{,}15 + t; \quad \mu = 28{,}95 - 10{,}93\,\frac{\varphi \cdot p_н}{p}; \qquad (4)$$

где p – барометрическое давление, Па;

μ – молекулярная масса влажного воздуха, кг/кмоль;

R = 8314 Дж/(кмоль К) – универсальная газовая постоянная;

ϕ – относительная влажность воздуха;

pн – давление насыщения пара, Па.

В интервале температур T = 303...343 К давление насыщения [3].

$$p_н = 4245{,}29 \exp[5201{,}3(1/303 - 1/T)]. \qquad (5)$$

Влагосодержание воздуха x (г/кг) и концентрация пара C (кг/кг) [3].

$$x = 0{,}622\,\frac{p_н}{p - p_н}; \quad C = x / 1000. \qquad (6)$$

В соответствии с формулами (4) и (5), с увеличением температуры при ϕ = const плотность воздуха падает практически линейно.

Таким образом

$$\partial\rho/\partial t = -\mathrm{grad}\,\rho \qquad (7)$$

и Архимедова сила при $\partial t/\partial h$ = grad t – направлена вверх; при $\partial t/\partial h$ = –grad t – направлена вниз. При равных условиях t и p плотность сухого воздуха больше плотности водяного пара.

Аналогично (7) можно записать

$$\partial\rho/\partial C = -\text{grad}\ \rho \qquad (7а)$$

и Архимедова сила при $\partial C/\partial h$ = grad C – направлена вверх; при $\partial C/\partial h$ = -gradC – направлена вниз. Температурный градиент плотности сухого воздуха в интервале t = 20...70°C составляет:

$$\partial\rho/\partial t = -\ 0{,}0034...0{,}00494\ (кг/м^3)/К. \qquad (8)$$

Концентрационный градиент плотности влажного воздуха в интервале

C = (10...110)/10^3 кг/кг (x = 10...110 г/кг) составляет:

$$\partial\rho/\partial C = -\ (0{,}00047...0{,}01)/103\ (кг/м^3)/(кг/кг). \qquad (8а)$$

Как видно из (8) и (8а), температурный градиент плотности превышает концентрационный в ≈ 103 раз. Поэтому, можно принять, что основное изменение плотности влажного воздуха определяется изменением температуры ρh = ρ(t).

В практических расчетах в формуле (2) можно не учитывать Δρc.

Выводы

Таким образом, для возникновения изменений температуры достаточно условие

$$\partial t\ /\ \partial h > 0. \qquad (9)$$

Соотношения (1) и (9) являются условиями устойчивости изменений температуры, в процессах тепло – и массопереноса в низкотемпературных солнечных установках достаточно учитывать только температурную разность.

Изменение температуры воздуха по высоте можно представить следующей корреляционной зависимостью

$$t_o = t_m - (t_m \times a); \qquad t_h = t_o \exp(b\times h), \qquad (10)$$

где t_o – температура воздуха при h = 0 м;

t_m – среднемассовая температура воздуха, измеряемая на высоте h = 1,5...1,7 м;

a, b -коэффициенты, определяемые экспериментально.

Список источников

1. Джалурия И. Естественная конвекция. – М.: Мир. – 1983. – 399 с.

2. Крум Д. Кондиционирование воздуха и вентиляция зданий. – М.: Стройиздат, 1980. – 395 с.

3. Богословский В.Н., Поз М.Я. Теплофизика аппаратов утилизации тепла систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. М.: Стройиздат. – 1983. – 317 с.

УДК 631.9

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ ОЗОНОМ

к.т.н. Е.В. Шешунова; д.т.н., профессор В.В. Шмигель (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия); П.Е. Еропкин (ЗАО Тандер Магнит, Ярославль, Россия)

Аннотация. Половина населения России получает воду, опасную для здоровья. Загрязненная вода вызывает до 80% всех известных болезней и на 30% ускоряет процесс старения. Сейчас обеззараживание воды проводится в основном при помощи хлора, а в сельском хозяйстве чаще всего воду и вовсе не очищают и загрязненную воду сбрасывают в канализацию или вывозят на поля, откуда загрязненная вода просачивается через почву в подземные воды и стекает в реки. Производные хлора (хлороформ, хлориды, остаточный хлор и т.д.) обладают онкогенным (канцерогенным) и мутагенным действием, то есть способны влиять на генетический аппарат человека. Высокое содержание в воде хлора и его соединений провоцирует респираторно-вирусные заболевания, пневмонию, гастриты и, что самое страшное, – в ряде случаев онкологические заболевания. Согласно данным Американского национального онкологического института на счет хлороформа, содержащегося в питьевой воде, можно отнести около 2% случаев заболевания раком печени и почек. Более того, исследования последних лет показали, что многие вирусные загрязнения устойчивы к воздействию хлора. Проникновение воды в организм через пищевод может быть не единственным и даже не основным источником риска, так как поглощение вредных веществ через кожу сильно недооценивалось. Хлор так же влияет и на животных, обитающих около водоемов и на растения [3].

Ключевые слова: озон, очистка сточных вод, животноводческий комплекс, исследование.

WASTEWATER TREATMENT OF LIVESTOCK FARMS WITH OZONE

Candidate of Technical Sciences E.V. Sheshunova;
Doctor of Technical Sciences, Professor V.V. Shmigel;
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)
P.E. Eropkin
(JSC Tander Magnit, Yaroslavl, Russia)

Abstract. Half of the Russian population receives water that is dangerous to health. Polluted water causes up to 80% of all known diseases and accelerates the aging process by 30%. Now water disinfection is carried out mainly with the help of chlorine, and in agriculture most often the water is not cleaned at all and the contaminated water is dumped into the water or taken to the fields, from where the contaminated water seeps through the soil into groundwater and flows into rivers. Chlorine derivatives (chloroform, chlorides, residual chlorine, etc.) have oncogenic (carcinogenic) and mutagenic effects, that is, they are able to influence the human genetic apparatus. The high content of chlorine and its compounds in water provokes respiratory viral diseases, pneumonia, gastritis and, worst of all, in some cases oncological diseases. According to the American National Cancer Institute, about 2% of cases of liver and kidney cancer can be attributed to chloroform contained in drinking water. Moreover, recent studies have shown that many viral contaminants are resistant to chlorine. The penetration of water into the body through the esophagus may not be the only or even the main source of risk, since the absorption of harmful substances through the skin has been greatly underestimated. Chlorine also affects animals living near reservoirs and plants.

Keywords: ozone, wastewater treatment, livestock complex, research.

Методы и материалы

Технология очистки основана на использовании газа озона – сильного окислителя. Озонатор вырабатывает озон из кислорода, содержащегося в атмосферном воздухе.

Озон может быть получен различными методами: а) с помощью химических реакций, б) в результате ультрафиолетового излучения, в) при электрическом разряде. В промышленном масштабе

приемлем лишь последний метод, где поставщиком озона является воздух или кислород.

Исключительная окислительная способность озона позволяет использовать его для разложения большого числа молекул органических веществ, растворенных в производственных сточных водах текстильной, коксохимической, целлюлозно-бумажной, нефтехимической промышленности и др. [1, 5, 6].

Озон проявляет высокую эффективность по отношению к бактериям, по этой причине мы начали разработки внедрения и исследования в сфере очистки стоков в сельском хозяйстве. Несмотря на то, что озонирование позволяет добиться высоких показателей очистки, на сегодняшний день при оценке возможности и целесообразности его применения для обработки стоков сельскохозяйственного производство необходимо проводить сопоставительный анализ с традиционными методами обесцвечивания (например, с сорбцией на активированном угле) с учетом производительности проектируемых сооружений. Капитальные и эксплуатационные затраты на процесс озонирования иногда могут в несколько раз превысить стоимость традиционных методов обработки, но в дальнейшей перспективе окупаемость данного метода высока и экологически оправдана. В сельском хозяйстве Российской Федерации очистка сточных вод при помощи озона не была обнаружена [2, 4].

Внешний вид экспериментальной установки показан на рисунке 1.

Рисунок 1 – Внешний вид установки

Новая перспективная модель представляет собой обновленный озонатор «Озон-1» Сравним по внешнему виду озонаторы до и после доработки, представленные на рисунке 2.

Рисунок 2 – Озонатор «Озон» и «Озон-1»

Невооруженным взглядом видно, что изменения в озонаторе произошли глобальные:

1) Полностью заменен каркас озонатора
2) Замена блока управления
3) Частичная смена блока получения озона
4) Смена вентилятора

Многое оборудование было заимствовано из разобранного озонатора «Озон « для сбора более современной модели «Озон-1»

Конструкция и общий вид озонатора «Озон-1» представлены на рисунках 3 и 4.

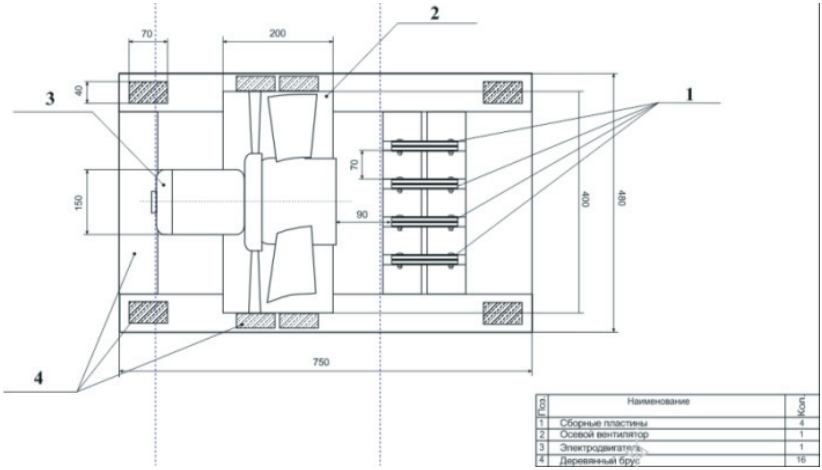


Рисунок 3 – Конструкция озонатора «Озон-1»

Установка состоит из 4-х сборных пластин (1), которые в результате подачи на них напряжения 10 кВ переменного однофазного тока производят озон, осевого трехлопастного вентилятора (2),

шлангов для отвода озона к поверхности озонирования (3), блока управления (4) и трансформатора высокого напряжения (5).

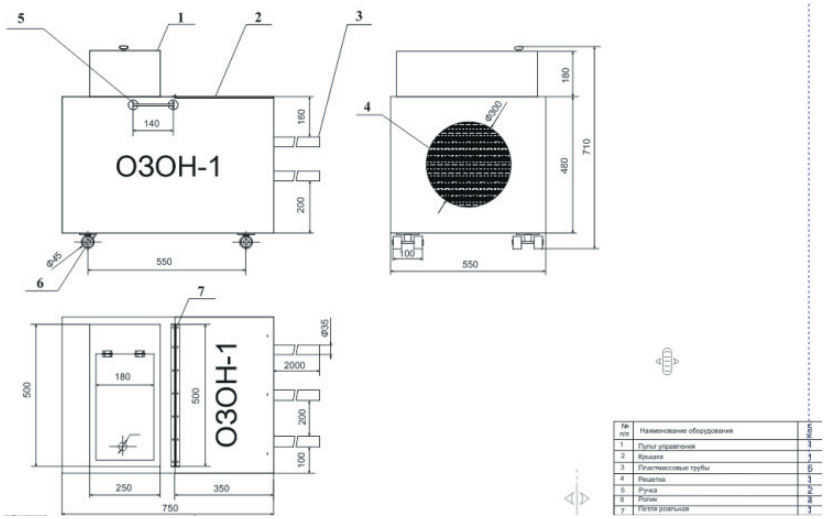


Рисунок 4 – Общей вид озонатора «Озон-1»

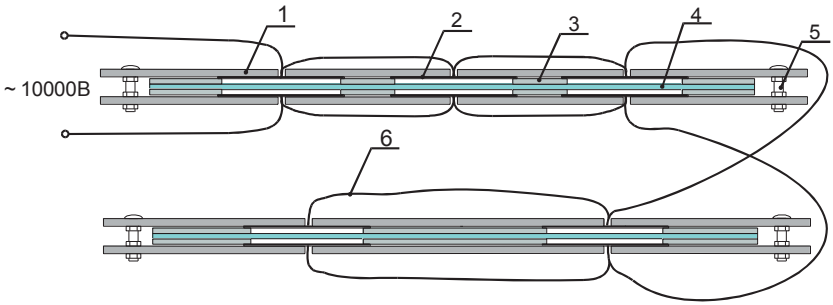
Сборные пластины выполняются из диэлектрических материалов в частности текстолита, стекла и из оргстекла. В качестве барьерного сопротивления выбирается стекло толщиной 3 мм, на стекло приклеиваются прокладки их оргстекла, на которые укладываются пластинчатые круглые электроды диаметром 7 мм выполненные из оцинкованной стали. Сверху укладывается лист текстолита, через отверстия которого припаиваются высоковольтные провода под напряжением 10 кВ. Для скрепления конструкции используются болты с диаметром резьбы 5 мм. Пластины устанавливаются вертикально друг над другом на расстоянии 7 мм во избежание вероятности пробоя. Верхняя и нижняя пластины содержат по две пары круглых электродов, а средние по три.

Конструктивное исполнение изображено на рисунке 5.

Общая толщина пластины составляет 20 мм. Из них текстолит, стекло, оргстекло по 3 мм каждый лист, оцинкованный электрод 1 мм. Экспериментальным путем подобрано межэлектродное расстояние равное 9 мм. Во время работы установки в межэлектродном пространстве наблюдается свечение фиолетового цвета.

Корпус установки представляет собой каркас из деревянных брусьев 70х40 мм, покрытых листами ДВП толщиной 5 мм. На ли-

цевой стороне расположены 6 шлангов длиной 2 м и диаметром 3,5 см, для отвода озона из корпуса. На задней стороне находится отверстие с сеткой для поступления воздуха к вентилятору. На верхней части установки находится блок управления, который состоит из трансформатора ВН, клемника и двух автоматов Simens для включения вентилятора и трансформатора. Так же сверху имеется крышка для доступа к внутренним частям установки. С каждого боку установки предусмотрены ручки для переноса и колесики для удобства передвижения.



1 – текстолит, 2 – оцинкованная сталь, 3 – оргстекло, 4 – стекло, 5 – болтовое крепление, 6 – высоковольтный провод.

Рисунок 5 – Конструкция и соединение пластин

Технологическая схема озонации состоит из:

1) Двух бочек по 127 литров

2) фекального насоса

3) Блока фильтрации, состоящего из:

а) Бочки на 100 литров

б) Песчаного песка 1 кг

в) Активированного угля 500 гр

4) Профильная сталь.

Технологическая схема озонации и общее фото представлены на рисунках 6 и 7.

В бочку (1) сливают отходы с сельскохозяйственного производства, после чего идет процесс озонации на протяжении 30 минут. По истечению 10 дней, с помощью фекального насоса (4), перекачиваем в блок фильтрации (2), где стоки проходят через активированный уголь (5) и песок (6), за счет силы тяжести стоки стекают в резервуар (3).

Рисунок 6 – Технологическая схема и общее фото озонации

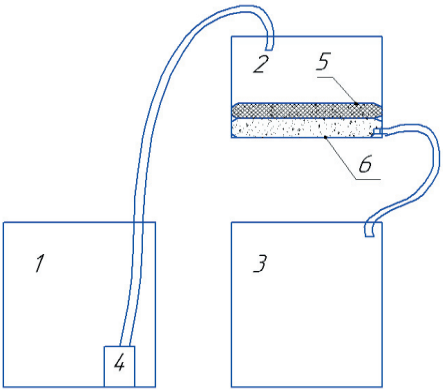


Рисунок 7 –Технологическая схема и общее фото озонации

Результаты

Очистка сточных вод проводилась на базе ЗАО «Левцово» Ярославского муниципального района Ярославской области.

Сравнение стоков, находящихся до начала озонации «Контроль» и после озонации, представлены на рисунке 8. На данном этапе мы сделали органолептическое исследование стоков.

Прозрачность: Имеет низкую прозрачность (из-за веществ минерального и органического происхождения)

Запах: имеет отчетливый запах навоза

Мутность: мутный, наблюдается взвесь, вязкая структура

Цвет: Коричневый

Произведено более десяти опытов озонирования, из которых мы отобрали 2 пробы.

Контроль – Стоки сельскохозяйственного производства

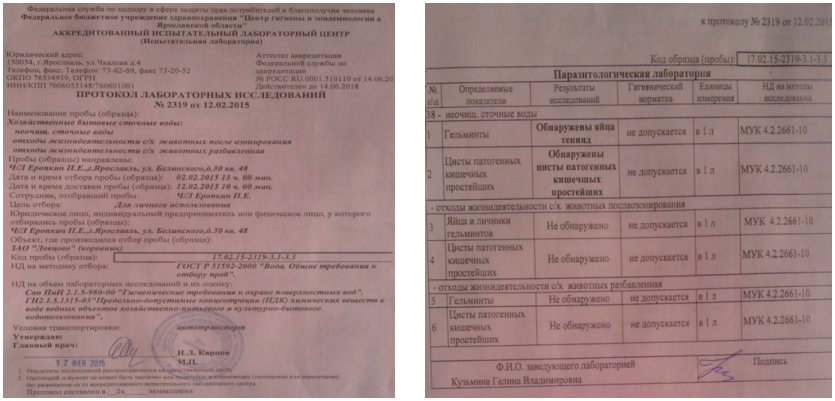
Рисунок 8 – Стоки до начала озонации «Контроль»

Проба 1 – Стоки, прошедшие озонацию

Рисунок 9 – Прозрачность «Контроля» и «Проба 1, Проба 2»

Проба 2 – Стоки, прошедшие озонацию с добавлением 50% воды.

По полученным данным (представленным на рисунке 10) можно сделать вывод, что яйца гельминтов после озонации полностью уничтожаются.



Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения "Центр гигиены и эпидемиологии в Ярославской области"

АККРЕДИТОВАННЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ЦЕНТР
(Испытательная лаборатория)

Юридический адрес:
150054, г.Ярославль, ул.Чкалова д.4
Телефон, факс: Телефон: 73-02-09, факс 73-20-52
ОКПО 76534939, ОГРН
ИНН/КПП 7606051148/760601001

Аттестат аккредитации Федеральной службы по аккредитации № РОСС RU.0001.510110 от 14.06.20[illegible] Действителен до 14.06.2018

ПРОТОКОЛ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
№ 2319 от 12.02.2015

Наименование пробы (образца):
Хозяйственные бытовые сточные воды:
неочищ. сточные воды
отходы жизнидеятельности с/х животных после озонирования
отходы жизнидеятельности с/х животных разбавленная
Пробы (образцы) направлены:
ЧОГ Еропкин П.Е.,г.Ярославль, ул. Белинского,д.30 кв. 48
Дата и время отбора пробы (образца): ***02.02.2015 13 ч. 00 мин.***
Дата и время доставки пробы (образца): ***12.02.2015 10 ч. 00 мин.***
Сотрудник, отобравший пробы: ***ЧОГ Еропкин П.Е.***
Цель отбора: ***Для личного использования***
Юридическое лицо, индивидуальный предприниматель или физическое лицо, у которого отбирались пробы (образца):
ЧОГ Еропкин П.Е.,г.Ярославль, ул. Белинского,д.30 кв. 48
Объект, где производился отбор пробы (образца):
ЗАО "Тенгиз" (коровник)
Код пробы (образца): ***17.02.15-2319-3.1-3.3***
НД на методику отбора: ***ГОСТ Р 51592-2000 "Вода. Общие требования к отбору проб".***

НД на объем лабораторных исследований и их оценку:
Сан ПиН 2.1.5-980-00 "Гигиенические требования к охране поверхностных вод";
ГН2.1.5.1315-03"Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования",

Условия транспортировки: ***автотранспорт***
Утверждаю:
Главный врач: **Н.Л. Карпов**
М.П.
17 ФЕВ 2015

1. Результаты исследований распространяются на представленный образец
2. Настоящий протокол не может быть частично или полностью воспроизведен (размножен или перепечатан) без разрешения от аккредитованного испытательного лабораторного центра

Протокол составлен в 2х экземплярах

к протоколу № 2319 от 12.02.2015

Код образца (пробы): 17.02.15-2319-3.1-3.3

Паразитологическая лаборатория

№ п/п	Определяемые показатели	Результаты исследований	Гигиенический норматив	Единицы измерения	НД на методы исследования
38 - неочищ. сточные воды					
1	Гельминты	**Обнаружены яйца тениид**	не допускается	в 1 л	МУК 4.2.2661-10
2	Цисты патогенных кишечных простейших	**Обнаружены цисты патогенных кишечных простейших**	не допускается	в 1 л	МУК 4.2.2661-10
- отходы жизнидеятельности с/х животных послеозонирования					
3	Яйца и личинки гельминтов	Не обнаружено	не допускается	в 1 л	МУК 4.2.2661-10
4	Цисты патогенных кишечных простейших	Не обнаружено	не допускается	в 1 л	МУК 4.2.2661-10
- отходы жизнидеятельности с/х животных разбавленная					
5	Гельминты	Не обнаружено	не допускается	в 1 л	МУК 4.2.2661-10
6	Цисты патогенных кишечных простейших	Не обнаружено	не допускается	в 1 л	МУК 4.2.2661-10

Ф.И.О. заведующего лабораторией Кузьмина Галина Владимировна — Подпись

Рисунок 10 – Данные лабораторного исследования

Выводы

1. После 20-минутной обработки стоков озоном полностью отсутствуют яйца гельминтов и патогенных микроорганизмов.

2. После 10-суточного отстоя уходят в осадок твердые вещества, которые удаляются механически.

Список источников

1. Драгинский, В.Л. Озонирование в процессах очистки воды / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева, В.Г. Самойлович. – М.: Дели принт, 2007. – 176 с.

2. Гигиенические требования к охране поверхностных вод, санитарные правила и нормы СанПин 2.1.5.980-00. – М.: Минздрав России, 2000. – 13 с.

3. Правошинский, Н.А. Обзор методов обеззараживания сточных вод. – М.: ООО «СВАРОГ», 2002. – 10 с.

4. Хан, В.А. Предозонирование – как средство интенсификации процессов биологической очистки сточных вод / В.А. Хан // Научный журнал КубГАУ. 2013. №87(03). – 10 с. – URL: http://ej.kubagro.ru/2013/02/pdf/55.pdf.

5. Озонирование. – URL: https://ru.wikipedia.org/.

6. Озон, физико-химические свойства, применение. – URL: https://www.proektm.ru/

УДК 631.362.34:[621.85.052:62-189.2]

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ (ПОСТОЯННЫМ) НАПРЯЖЕНИЕМ 100 КВ ГЕНЕРАТОРА ИОНИЗАЦИИ

д.т.н., профессор В.В. Шмигель; к.т.н. А.С. Угловский
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Аннотация. Генератор ионизации представляет собой высоковольтное устройство постоянного тока. Источник питания постоянного тока составляет 100 кВ, 10 мА в нагрузке. Источник питания ВН вырабатывает 100 кВ от трехфазной сети. Основная структура для генерации 100 кВ состоит из следующих этапов: Трехфазная сеть, Трехфазный преобразователь, Высокочастотный инвертор, Повышающий трансформатор, Сбалансированный непрерывный умножитель. Преобразователь управляется платой отпирания SCR тиристора (Крем-

ниевый управляемый выпрямитель) и платой управления преобразователем, а карта защиты инвертора управляет инвертором. Цель работы заключается в применении контроллера и написания для него программы управления на базе ПК для цепи SCR, преобразователя и инвертора для обеспечения локальной и удаленной работы.

Ключевые слова: ускоритель, преобразователь, инвертор, повышающий трансформатор, непрерывный умножитель.

DESIGN AND ANALYSIS OF A HIGH-VOLTAGE (CONSTANT) CONTROL SYSTEM WITH A VOLTAGE OF 100 KV OF THE IONIZATION GENERATOR

Doctor of Technical Sciences, Professor V.V. Shmigel;
Candidate of Technical Sciences A.S. Uglovsky
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Abstract. The ionization generator is a high voltage direct current device. The DC power supply is 100kV, 10mA into the load. The HV power supply generates 100 kV from a three-phase network. The basic structure for 100kV generation consists of the following steps: Three-phase network, Three-phase converter, High frequency inverter, Step-up transformer, Balanced continuous multiplier. The inverter is controlled by the SCR firing board (Silicon Controlled Rectifier) and the inverter control board, and the inverter protection card controls the inverter. The purpose of the work is to apply the controller and write a PC-based control program for it for the SCR circuit, converter and inverter to provide local and remote operation.

Keywords: accelerator, converter, inverter, step-up transformer, continuous multiplier.

Введение

Система управления источником постоянного тока была разработана с использованием базовой цифровой логики. Таким образом, для модернизации установки генератора ионизации необходима дистанционная система управления. При создании высоковольтной аппаратуры необходима тщательная проработка важнейших параметров. Пульсации напряжения, долговременная и краткосрочная стабильность, повторяемость и погрешность – таков перечень наиболее важных факторов, определяющих степень надежности полученной аналитической информации. Кроме того,

поскольку аналитические приборы внедряются в сферу управления производственных технологических процессов, очень важны такие показатели высоковольтных источников, как их надежность и стабильность. Узлами высоковольтного источника постоянного тока, которым уделяется особое внимание являются: инвертор, высоковольтный трансформатор и умножитель напряжения [2, 3].

Базовый источник высокого напряжения

На рисунке 1 показаны основные блоки источника питания высокого напряжения. Силовой каскад может обеспечивать выпрямление и фильтрацию сигналов переменного тока, фильтрацию сигналов постоянного тока и защиту цепей. С высоковольтного трансформатора импульсное напряжение с инвертора поступает на вход умножителя напряжения, построенного по двухпериодной схеме в зависимости от требуемого выходного напряжения и тока. Инверторный каскад преобразует постоянный ток в высокочастотный сигнал переменного тока. Основная схема генератора ионизации, выполненная в ORCAD, показана на рисунке 2.

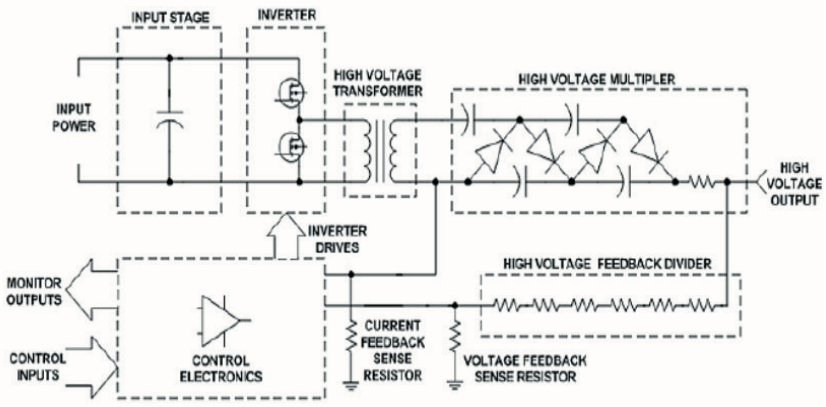


Рисунок 1 – Принципиальная схема высоковольтного источника питания

Схема управления

Сложность схемы может варьироваться от одного аналогового интегральной схемы (ИС) к большому количеству ИС и даже микропроцессору, контролирующему все параметры высоковольтной линии. Однако основное требование, которому должна соответствовать каждая схема управления, – это точное регулирование вы-

ходного напряжения и тока в зависимости от требований нагрузки, входной мощности и команд. Лучше всего это достигается с помощью контура управления с обратной связью. Обычное регулирование напряжения и тока может быть достигнуто путем контроля выходного напряжения и тока, соответственно. Это сравнивается с желаемым (опорным) выходным сигналом. Разница (ошибка) между обратной связью и заданием приведет к изменению устройства управления инвертором. Это приведет к изменению мощности, подаваемой на выходные цепи [1, 2, 3].

Критерии выбора топологии инвертора

Выбор топологии инвертора для высоковольтной мощности предложение может регулироваться двумя факторами:

– должен изолировать отраженную паразитную емкость.

– должен иметь низкие шумы.

Описание электронных схем генератора ионизации

Преобразователь представляет собой шестиимпульсный полностью управляемый мостовой преобразователь, который регулирует выходное напряжение источника питания. Это обеспечивает 5 кВт мощности постоянного тока (макс.) На шину постоянного тока с переменным напряжением, которая действует как входной источник для резонансного инвертора. Имеется LC-фильтр на выходе, который снижает пульсации выходного напряжения ниже 1%. Он также включает в себя цепь отвода постоянного тока, которая обеспечивает непрерывный режим работы от холостого хода до полной нагрузки.

Высокочастотный инвертор представляет собой полумостовой резонансный инвертор с параллельной нагрузкой. Резонансный контур LC имеет резонансную частоту 5 кГц. В качестве переключателей используются тиристоры инверторного класса. Его выход подключен к высоковольтному трансформатору. Трансформатор тока (CT) определяет ток инвертора и обратную связь с платой управления инвертора. Срабатывания SCR контролируются в таких способ, которым в любой момент SCR не запускаются одновременно. Схема управления инвертором показана на рисунке 3.

Повышающий трансформатор состоит из двух сборок высоковольтных трансформаторов, каждый с номиналом 230 В / 17,8 кВ, 2,5 кВА, 5 кГц. Каждый трансформатор помещен в отдельный масляный бак. Эти два элемента представляют собой единый блок трансформаторов 230 В / 17,8 кВ – 0–17,8 кВ / 5 кВА.

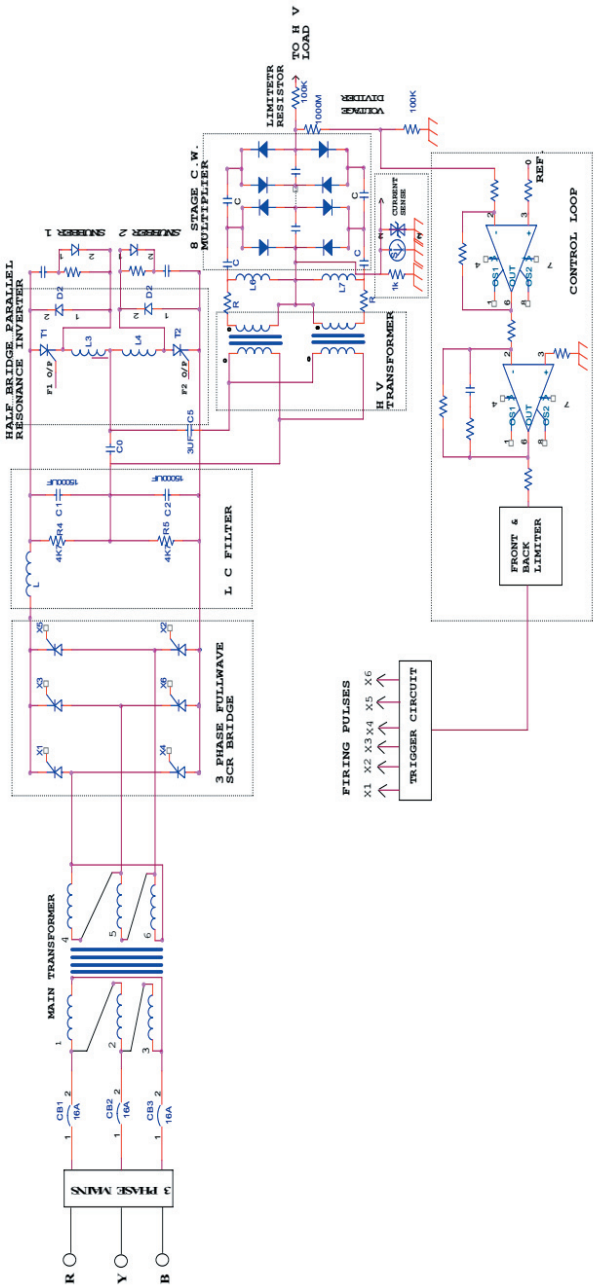


Рисунок 2 – Основная схема генератора ионизации

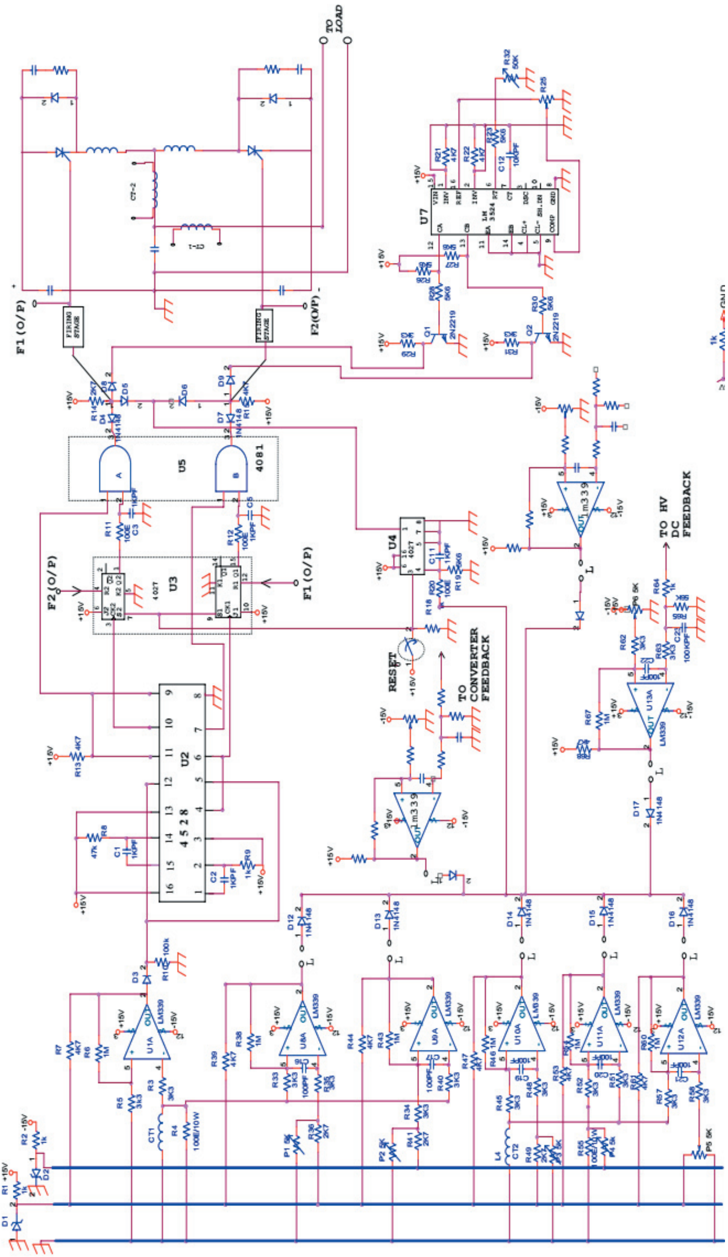


Рисунок 3 – Схема управления инвертором

Множитель Кокрофта-Уолтона используется на последнем этапе для получения высокого усиления. Это восьмиступенчатый сбалансированный стек умножителя CW, который дает общее 16-кратное умножение.

Система управления представлена с использованием микроконтроллера (P89V51RD2BN). В этой конструкции источник питания может работать как в удаленном, так и в локальном режиме. Переключатель Local или Remote (L / R) определяет, какой режим будет использоваться. В обоих режимах работы выходное напряжение определяется опорным напряжением для запуска стробирующих импульсов на тиристоры преобразователя.

В локальном режиме ПИ-регулятор получает опорные сигналы от местного потенциометра и выходное напряжение от делителя напряжения и выдает управляющий сигнал для срабатывания тиристора.

В удаленном режиме заданные параметры отправляются в микроконтроллер с удаленного ПК. ПК связан с микроконтроллером через последовательный кабель RS232. На основе параметров, установленных ПК, микроконтроллер генерирует опорный сигнал с помощью ЦАП (16-битный последовательный ЦАП).

ПК считывает 4 выхода и отображается на экране. Выход сигналы

1. Выходное напряжение
2. Выходной ток
3. Преобразователь постоянного напряжения
4. Преобразователь постоянного тока

Четыре выходных сигнала подключаются к входу мультиплексора, и в зависимости от строк выбора одновременно выбирается конкретный выход. ПК считывает сигнал через микроконтроллер и АЦП.

Четыре выходных сигнала сравниваются с предельным значением 4 компараторами, и если оно выходит за предел, генерируется сигнал отключения. Четыре сигнала отключения:

1. Отключение высокого напряжения
2. Отключение по перенапряжению постоянного тока
3. Отключение по току постоянного тока.

Схема взаимодействия контроллера с персональным компьютером показана на рисунке 4.

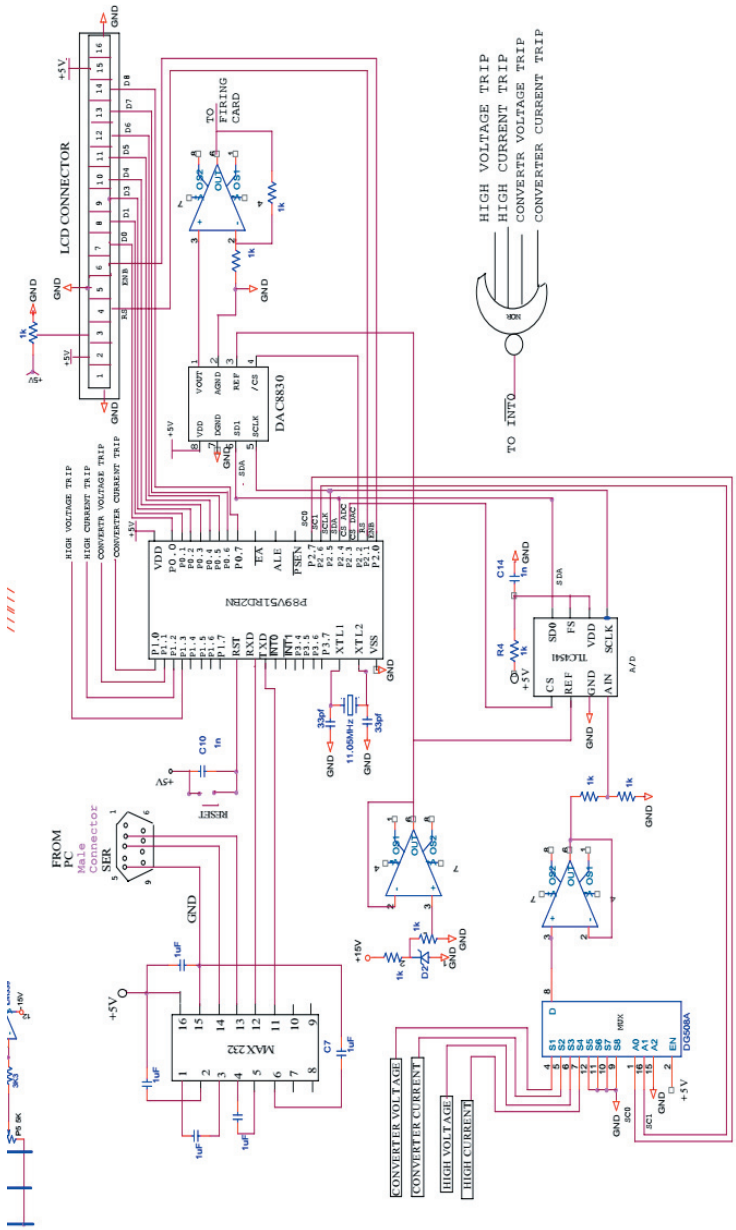


Рисунок 4 – Схема взаимодействия контроллера с персональным компьютером

Результаты выходного напряжения с генератора ионизации

Результат показан на рисунке 5, где выходной сигнал преобразователя линейно изменяется в зависимости от управляющего сигнала. Эта схема будет реализована в существующем источнике постоянного тока на 100 кВ.

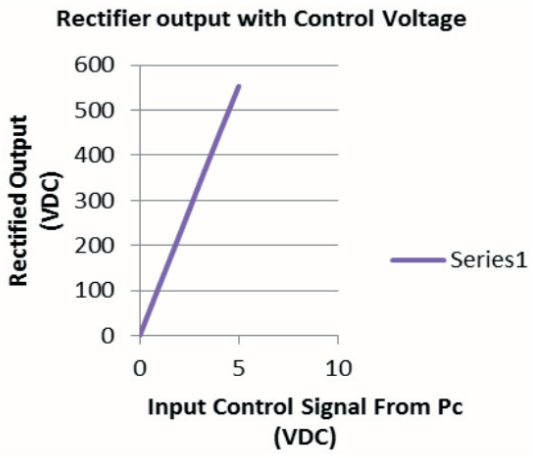


Рисунок 5 – Результаты выходного напряжения с генератора ионизации

Выводы

В данной статье рассматривался генератор ионизации, который представляет высоковольтное устройство постоянного тока. Источник питания постоянного тока 100 кВ, 10 мА используется для ускорения ионов. Источник питания ВН вырабатывает 100 кВ от трехфазной сети. Основная логика для генерации 100 кВ состоит из следующих этапов: трехфазная сеть, трехфазный преобразователь, высокочастотный инвертор, повышающий трансформатор, сбалансированный непрерывный умножитель.

Список источников

1. Bahmani M.A., Thiringer T, Kharezy M (2016) Design methodology and optimization of a medium-frequency transformer for high-power DC-DC applications. IEEE Trans Ind Appl 52:4225–4233.

2. Lutz J., Schlangenotto H., Scheuermann U., De Doncker R. (2018) Semiconductor Power Devices – Physics, Characteristics, Reliability.

3. Jovcic D., Hajian M, Zhang H., Asplund G. (2012) Power flow control in DC transmission grids using mechanical and semiconductor based DC/DC devices. In: 10th IET international conference on AC and DC power transmission (ACDC 2012), Birmingham, p 1–6.

УДК 621.314.5

РАСЧЕТ СОЛНЕЧНОЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МОЩНОСТЬЮ 50 КВТ, ПРИСОЕДИНЕННОЙ К ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПОТРЕБИТЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ (PVsyst)

д.т.н., профессор В.В. Шмигель; к.т.н. А.С. Угловский
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Аннотация. Исследование солнечной фотоэлектрической системы было проведено с помощью программного обеспечения PVsyst при определении размеров фотоэлектрических систем, подключенных к сети. Сравнение результатов производства, рассчитанных традиционным методом, и результатов, полученных при моделировании фотоэлектрической системы, показывает разницу в 5,6%, что не является значительным, учитывая точность и детализацию, которые обеспечивает PVsyst по сравнению с теоретической моделью. Этот анализ подтвердил надежность программного обеспечения PVsyst при определении размеров и оценке производительности этого типа фотогальванических приложений.

Ключевые слова: фотогальваническая система, преобразователь, струнный инвертор, повышающий трансформатор, диаграмма годовых потерь.

CALCULATION OF A 50 KW SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEM CONNECTED TO THE CONSUMER'S ELECTRICAL NETWORK USING A COMPUTER SYSTEM (PVsyst)

Doctor of Technical Sciences, Professor V.V. Shmigel;
Candidate of Technical Sciences A.S. Uglovsky
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Abstract. A solar photovoltaic system study was carried out using the PVsyst software when sizing grid-connected photovoltaic systems. Comparison of the production results calculated by the traditional method and the results obtained from the simulation of the photovoltaic system shows a difference of 5.6%, which is not significant given the accuracy and detail that PVsyst provides compared to the theoretical model. This analysis confirmed the reliability of the PVsyst software

in sizing and evaluating the performance of this type of photovoltaic application.

Keywords: photovoltaic system, converter, string inverter, step-up transformer, annual loss diagram.

Введение

Фотогальваническая солнечная энергия – это прямое преобразование солнечного излучения в электричество с помощью фотогальванических элементов. Они изготавливаются из кристаллических полупроводниковых материалов, которые благодаря фотогальваническому эффекту генерируют электрический ток при воздействии солнечного излучения. Фотоэлектрические панели состоят из группы ячеек [1]. Этот тип энергии, как и другие возобновляемые источники энергии, является неисчерпаемым.

В последние десятилетия растущий спрос на энергию во всем мире значительно увеличил производство энергии, что привело к таким воздействиям на окружающую среду, как глобальное потепление и истощение озонового слоя. Таким образом, весь мир начал переходить на зеленую энергетику, устраняя все негативное воздействие на окружающую среду. Солнечная энергия является наиболее эффективным источником энергии среди других возобновляемых источников энергии. В данной статье анализируется смоделированные характеристики подключенной к сети кремниево-полимерной фотоэлектрической установки мощностью 50 кВт. Каждый модуль имеет мощность 310 Вт, соединенных в 13 цепочек по 12 панелей на цепочку. Используются 8 струнных инвертора. Моделирование проводится в программе PVsyst 7.2 с использованием данных Meteonorm 8.0. Моделирование выполняется чтобы получить максимальную выработку энергии; этот эксперимент проводится в 2 этапа: один с фиксированным углом в течение года, а другой – с регулировкой угла наклона каждый месяц. Многократные испытания проводились для того, чтобы получить наилучший угол для максимального производства электроэнергии, и мы сравнили такие параметры, как падающее излучение, коэффициент производительности, энергия в сети и выход энергии в массиве и потери. Оптимальные углы выбираются на основе входной энергии.

Программное приложение PVsyst позволяет проектировать, моделировать и анализировать данные фотоэлектрической системы.

Он включает метеорологические данные из наиболее часто используемых международных баз данных, таких как SSE RETScreen и Meteonorm. Это важно для расчета установки в нашем месте, потому что во многих случаях программа PVsyst не будет иметь данных о месте, где должен быть установлен фотоэлектрический генератор.

Компоненты

Компоненты фотогальванической системы, показанные на рисунке 1, подробно описаны ниже. Основным элементом является фотогальванический массив, который состоит из электрического соединения солнечных модулей таким образом, что подаваемое напряжение и ток увеличиваются до желаемого значения. Основным определяющим фактором для фотогальванического массива является устанавливаемая мощность. Это зависит от доступной площади, кривой нагрузки, которую может потреблять энергия, и возможности доставки этой энергии в общественную сеть. Типы солнечных панелей классифицируются по технологии изготовления на монокристаллические, поликристаллические и тонкопленочные [5]. Для данного исследования мы выбрали поликристаллические модули из-за их высокой эффективности и хороших характеристик при воздействии температуры.

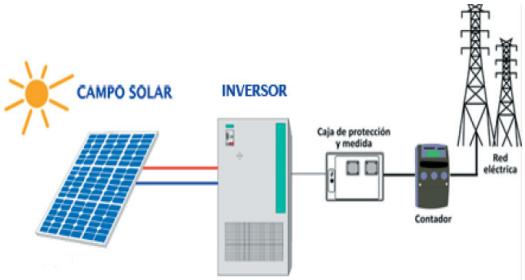


Рисунок 1 – Принципиальная схема фотоэлектрической системы, связанной с сетью

Инвертор мощности постоянного/переменного тока преобразует постоянный ток, вырабатываемый фотогальваническим генератором, в переменный ток, выполняя определенные требования к эффективному напряжению, частоте волны напряжения и току. Все эти параметры синхронизируются с местной энергосистемой [6]. Элементы защиты обеспечивают безопасность сетевой фотоэлектрической системы и электробезопасность [7].

Определение мощности фотоэлектрической системы: выбрали номинальную мощность пиковой мощности 50 кВт для проведе-

ния анализа, поскольку это значение мощности может быстро связать расчетные переменные, связанными с сетью.

Выбор фотогальванического модуля

Выбраны поликристаллические модули из-за их большей эффективности и лучшей производительности при воздействии температуры. В зависимости от доступной площади мы решили использовать четыре модуля пиковой мощности 50 Вт для формирования фотоэлектрической батареи. Компоновка системы показана на рисунке 2.

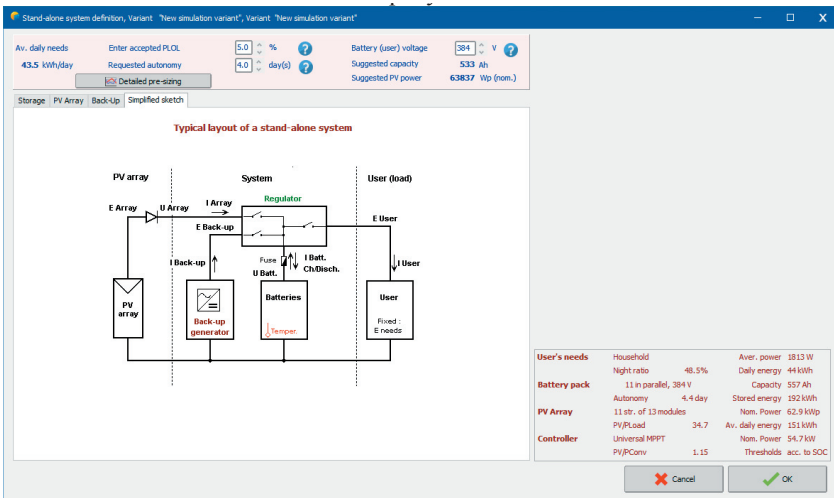


Рисунок 2 – Компоновка системы

Общее количество фотоэлектрических панелей, необходимых для системы, определяется по формуле:

$$N_M = \frac{P_{Array}}{P_{Module}} \quad (1)$$

Требуемое напряжение и ток получаются путем последовательного и параллельного соединения фотоэлектрических модулей и определяются по формуле:

$$N_S = \frac{V_{DC}}{V_{Max}} \quad (2)$$

$$N_P = \frac{V_{DC}}{N_S} \quad (3)$$

Из приведенных выше уравнений (1–3) можно найти, что количество фотоэлектрических панелей, подключенных к цепочке, равно 12, а количество цепочек равно 13; следовательно, количество фотоэлектрических панелей требует 156 единиц.

Фотоэлектрический модуль

Фотоэлектрические модули преобразуют солнечную радиацию в электрическую энергию посредством фотогальванического эффекта. Подробная информация об используемых солнечных панелях приведена на рисунке 3.

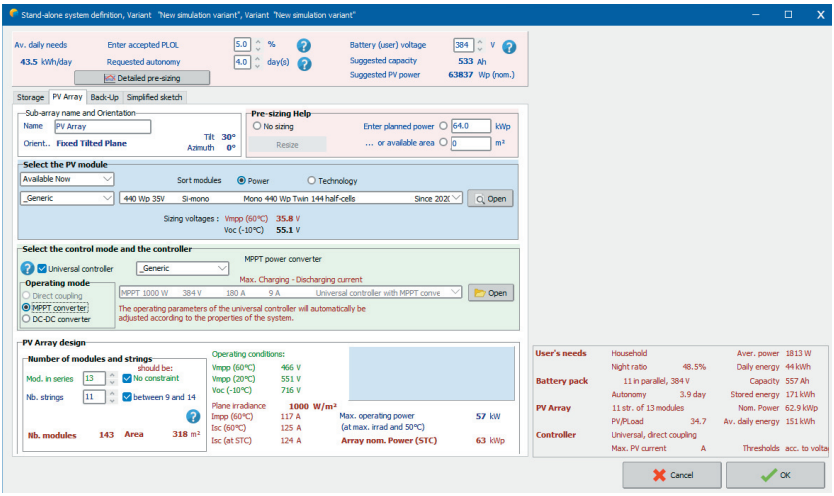


Рисунок 3 – Спецификация фотоэлектрического модуля

Инвертор

Инверторы используются для преобразования постоянного тока в переменный ток. Размер инвертора для PV системы должен быть достаточно высокой, чтобы выдерживать пиковую нагрузку источника питания [3].

$$I_S = P_{REQ} \times C_F \tag{4}$$

Существует два типа инверторов:

1. Струнный инвертор
2. Центральные инверторы

Струнные инверторы – инверторы малой мощности.

Например, струнные инверторы, 50 кВт или 60 кВт. Тем не менее, они более эффективны, потому что они малы и просты в уста-

новке и обслуживании. Центральные инверторы представляют собой инверторы большой мощности, такие как 1 МВт или 5 МВт. В работе использовались 8 струнных инвертора.

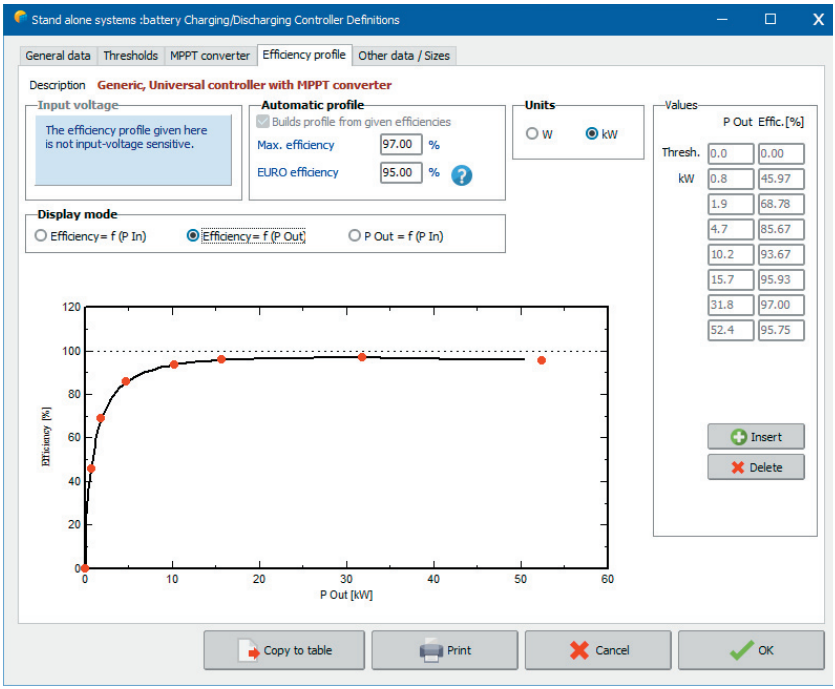


Рисунок 4 – Спецификация инвертора

Трансформатор

Трансформатор – это устройство, которое передает электрическую мощность, поступающую в первичную обмотку, во вторичную обмотку за счет электромагнитной индукции. Трансформатор работает на постоянной частоте, но с разными напряжениями и токами. Трансформаторы бывают двух типов: повышающие и понижающие. В данной работе для передачи мощности использовался повышающий трансформатор.

Монтажные конструкции

Фотомодули монтируются на основании с определенным углом наклона и ориентацией модулей с помощью монтажных конструкций. Монтажные конструкции бывают двух типов, т. е. фиксированные конструкции и системы направляющих осей. Стационар-

ные конструкции не предназначены для отслеживания солнечного излучения. Системы осей слежения бывают двух типов: одноосевые системы слежения и двухосевые системы слежения; разница между обеими системами заключается в количестве степеней свободы. Крепления системы следящих осей не дороги, но требуют энергии для движения. Двухосевые системы слежения лучше, чем одноосевые, в отслеживании, но требуют дополнительного обслуживания. В данной статье исследуются неподвижные крепления.

Рабочие параметры солнечной фотоэлектрической установки

Выход массива

Его также называют матричным КПД, определяемым суточной выходной энергией в постоянном токе по отношению к номинальной мощности (кВтч/кВтп/день). Другими словами, выход массива представляет собой отношение ежедневной, месячной или годовой выработки энергии в постоянном токе от фотоэлектрической батареи к номинальной мощности фотоэлектрической батареи [4].

$$Y_A = \frac{E_{DC}}{P_O} \tag{5}$$

Эталонная система

Ресурс эталонной системы – это идеальный ресурс массива в соответствии с Pnom без каких-либо потерь, определенный изготовителем. Можно понять, что, поскольку каждый падающий кВтч в идеале должен производить номинальную мощность решетки (Pnom) в течение одного часа, эталонное излучение считается равным 1000 Вт/м². Он нормализует доступное излучение к эталонному излучению, а YR численно равен падающей энергии в плоскости решетки, выраженной в (кВтч/м²/день). Обычно это зависит от географических условий места установки, погоды и ориентации солнечных фотоэлектрических панелей [5].

$$Y_R = \frac{H_t\ (kWh/m^2)}{I_A\ (kW/m^2)} \tag{6}$$

Окончательная производительность системы

Конечный выход системы – это количество энергии, отдаваемой в сеть в течение года, месяца или дня. Он определяется как отношение выходной мощности переменного тока солнечной фотоэлектрической системы (выход инвертора) к пиковой мощности, т.

е. на установленную кВт фотоэлектрической батареи. Окончательный выход обеспечивает количество часов, необходимых солнечной фотоэлектрической системе для работы с номинальной мощностью для получения полезной энергии. Это нормализованное значение выходной энергии системы по отношению к размеру системы. Конечный доход оценивает производительность солнечной фотоэлектрической системы с точки зрения ресурса солнечного излучения [6].

$$Y_F = \frac{E_{AC}}{P_P} \tag{7}$$

Коэффициент производительности

Он определяется как отношение конечного выхода к эталонному выходу. Коэффициент производительности предоставляет информацию о ежедневном влиянии общесистемных потерь на номинальную мощность. Потери включают потерю солнечной панели, потерю угла наклона, потери из-за пыли, потери из-за тени и потери из-за колебаний температуры модуля. Он используется для ежегодного анализа производительности солнечных энергетических систем. Деградация коэффициента производительности является индикатором деградации системы. Коэффициент производительности показывает, насколько солнечная электростанция может приблизиться к идеальной производительности в условиях реального времени.

$$PR = \frac{Y_F}{Y_R} \tag{8}$$

КИМ

Коэффициент использования мощности (КИМ) представляет собой отношение фактической энергии, вырабатываемой солнечной фотоэлектрической установкой за год, к эквивалентному выходу энергии на ее номинальной мощности за тот же период [5].

$$CUF = \frac{E_{AC}}{P_P} \times 8760 \tag{9}$$

КПД фотоэлектрического модуля

КПД фотоэлектрического модуля математически определяется выражением [7]:

$$\eta_{PV} = \frac{E_{DC}}{G_i \times A_{PV}} \times 100\% \quad (10)$$

КПД инвертора

Отношение мощности переменного тока, генерируемой инвертором, к мощности постоянного тока, генерируемой фотоэлектрической системой, называется эффективностью инвертора. Мгновенный КПД инвертора определяется выражением [1]:

$$\eta_{inv} = \frac{P_{AC}}{P_{DC}} \times 100\% \quad (11)$$

КПД фотоэлектрической системы

Общий КПД преобразования фотоэлектрической системы определяется как выходная энергия фотоэлектрической батареи, деленная на общую солнечную инсоляцию в плоскости, и определяется как [1]:

$$\eta_s = \frac{E_{AC}}{G_i \times A_{PV}} \times 100\% \quad (12)$$

Параметры потерь также влияют на производительность солнечной фотоэлектрической установки. Потери могут возникнуть практически в любом компоненте, используемом в конструкции солнечной фотоэлектрической установки. Чтобы оценить различные потери, связанные с солнечной фотоэлектрической установкой, необходимо рассчитать потери захвата, системные потери и выход массива. Улавливающие потери включают тепловые потери. Это зависит от температуры фотоэлектрического модуля и потерь из-за переменного излучения, скопления пыли и т. д. Потери в системе включают потери в кабелях постоянного и переменного тока.

Потеря захвата массива (LA)

Это разница между эталонным выходом и выходом массива. Эти потери в основном происходят в фотогальванических батареях и вызваны различными факторами, такими как повышенная температура фотогальванических элементов, частичное затенение, скопление пыли в фотогальванических батареях.

$$L_A = Y_R - Y_A \quad (13)$$

Системная потеря (LS)

Это разница между выходом массива и конечным выходом системы. Сюда входят потери инвертора в системах, подключенных к сети, или неэффективность батареи в автономных системах [1].

$$L_S = Y_A - Y_F \quad (14)$$

Основные вышеперечисленные параметры представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Балансы и основные результаты

New simulation variant

Losses in the PV system

	ModQual	MisLoss	OhmLoss	EArrMPP	EArUfix	EUnused	EArray
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
January	-0.008	0.044	0.011	2.019	2.020	0.449	1.570
February	-0.014	0.081	0.025	3.742	3.742	2.364	1.378
March	-0.028	0.158	0.069	7.286	7.286	5.771	1.515
April	-0.031	0.174	0.084	8.051	8.051	6.561	1.490
May	-0.037	0.210	0.108	9.698	9.698	8.168	1.526
June	-0.036	0.205	0.106	9.452	9.452	7.963	1.487
July	-0.039	0.217	0.116	9.985	9.985	8.458	1.527
August	-0.031	0.172	0.083	7.946	7.946	6.407	1.539
September	-0.023	0.128	0.059	5.921	5.921	4.425	1.497
October	-0.012	0.069	0.020	3.191	3.192	1.684	1.507
November	-0.006	0.032	0.009	1.492	1.492	0.211	1.281
December	-0.004	0.022	0.005	1.015	1.016	0.121	0.894
Year	-0.269	1.512	0.696	69.795	69.801	52.581	17.210

Моделирование в ПО Pvsyst

Программное обеспечение PVsyst было выбрано за его международно признанную надежность. Исследователи по всему миру [1] используют его для определения размеров и изучения производительности фотоэлектрических систем. Метод моделирования, используемый в программе, основан на реализации почасовых балансов энергии в течение года путем отслеживания поведения системы для расчета соответствующей комбинации для получения системы с максимальным количеством энергии в зависимости от климатических переменных. таких как глобальная радиация, скорость ветра и температура, принимая во внимание установленную мощность фотоэлектрической системы.

Была использована база данных, связанная с программным обеспечением. Она содержит различные параметры и данные

об облучении, собранные во многих частях мира в течение года, а также обширную галерею фотоэлектрических компонентов, предоставленных производителями для точного моделирования установки.

PVsyst позволяет проектировать на разных уровнях.

Уровень Pre-size позволяет быстро оценить размеры системы и ее компонентов. Он также оценивает производительность системы.

Уровень проекта выполняет детальное моделирование с почасовыми значениями, что позволяет определить фотогальваническое поле и правильный выбор компонентов.

На уровне базы данных PVsyst содержит данные о радиации из большого количества городов. У нас есть возможность ввести эту информацию из любой внешней базы данных вручную или автоматически. Данные о радиации для этого конкретного места были импортированы из базы данных SSE RETScreen. Требуется только ввести географические координаты, и он автоматически импортирует метеорологическую информацию, необходимую для фотоэлектрического проекта. Кроме того, в базе данных есть обширная библиотека фотоэлектрических компонентов с общими характеристиками и технической информацией, предоставленной производителями.

Уровень «Инструменты» представляет широкий спектр цифровых вспомогательных средств для базы данных климата, базы данных компонентов и измеренных данных, чтобы облегчить анализ и поведение фотоэлектрических систем. Ниже представлены основные аспекты, учитываемые при моделировании PVsyst.

На рисунке 5 показано влияние изменения углов наклона, азимута и зоны 8 северной широты. Оказалось, что наклон, равный широте и азимуту 0°, дает наименьшее количество потерь.

На рисунке 6 показана разложенная на углы траектория и движение солнца. Основываясь на значениях наклона и азимута, мы можем наблюдать падение солнечных лучей в фотоэлектрических модулях.

Рисунок 7 отражает то, как освещенность в первую очередь влияет на ток в прямой зависимости. При более высокой освещенности фотоэлектрический модуль обеспечивает более высокую интенсивность.

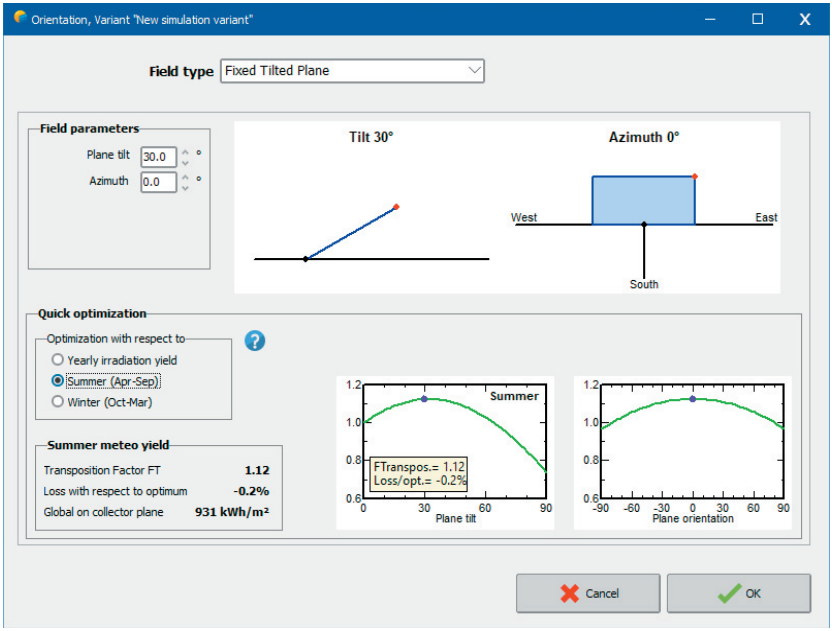


Рисунок 5 – Ориентация фотоэлектрических модулей

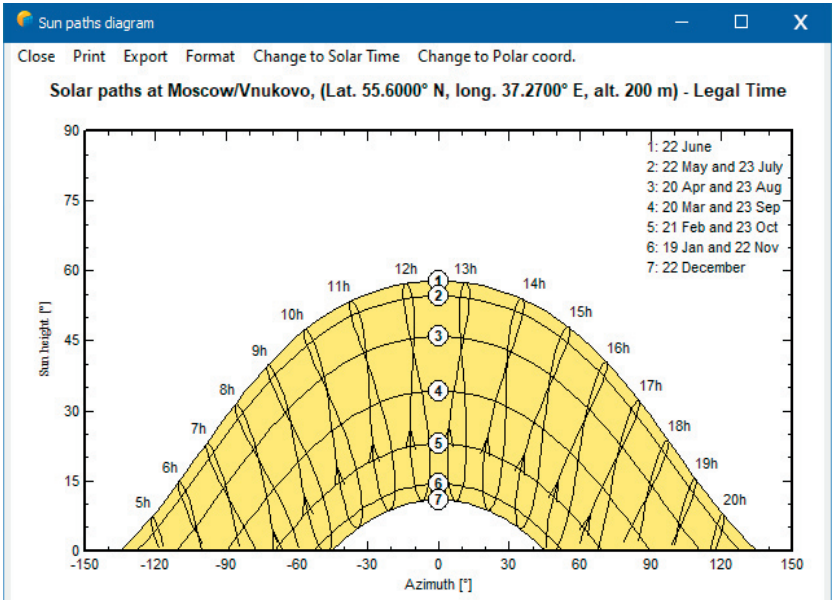


Рисунок 6 – Траектория Солнца и профиль горизонта

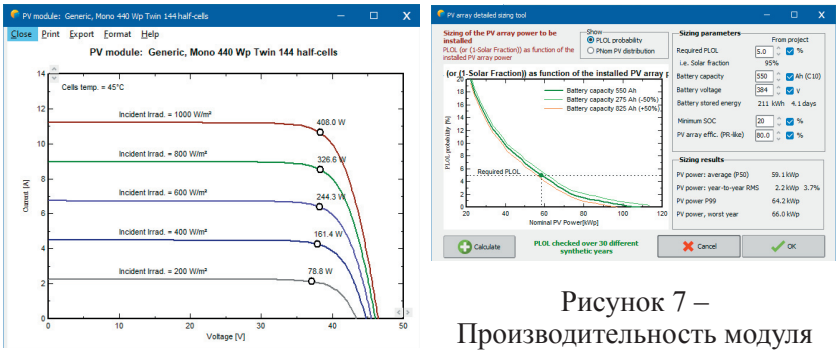


Рисунок 7 – Производительность модуля в зависимости от падающего излучения и температуры (Источник: PVsyst)

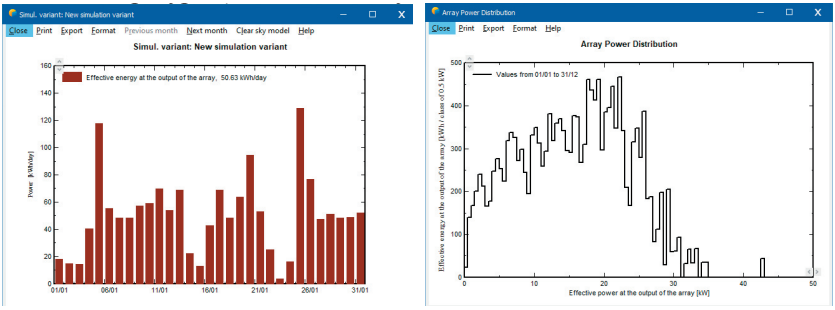


Рисунок 8 – Эффективная энергия на выходе с солнечной панели

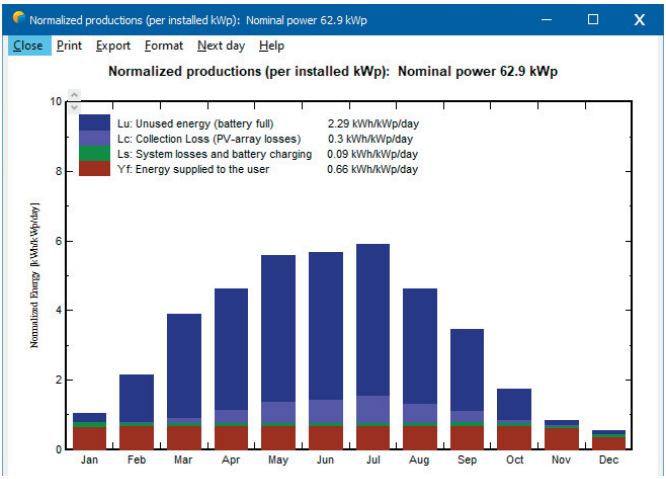


Рисунок 9 – Производство энергии системой в соответствии с моделированием PVsyst

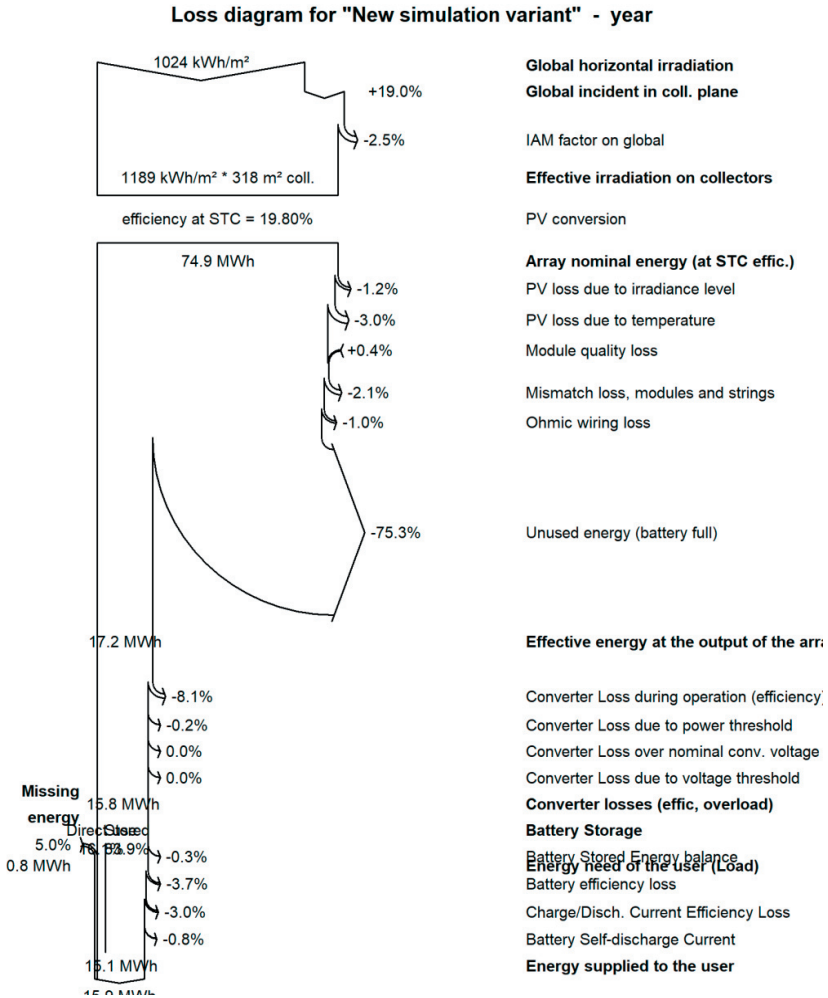


Рисунок 10 – Диаграмма годовых потерь
на основе моделирования PVsyst

Выводы

Данное исследование в статье показало надежность программного обеспечения PVsyst при определении размеров фотоэлектрических систем, подключенных к сети.

Сравнение результатов производства, рассчитанных традиционным методом, и результатов, полученных при моделировании фотоэлектрической системы, показывает разницу в 5,6%, что не

является значительным, учитывая точность и детализацию, которые обеспечивает PVsyst по сравнению с теоретической моделью.

Этот анализ подтвердил надежность программного обеспечения PVsyst при определении размеров и оценке производительности этого типа фотогальванических приложений.

Потери, которые больше всего влияют на производительность солнечных панелей с технологией кристаллов, связаны с рабочей температурой фотогальванических элементов. В этом случае низкая скорость ветра и высокая температура окружающей среды повышают температуру модуля и приводят к значительному увеличению потерь в системе.

Чтобы завершить этот оценочный анализ сетевой системы, важно интегрировать теоретическую информацию, полученную с помощью математических расчетов, с моделированием, созданным с помощью специализированного программного обеспечения (например, PVsyst), и сравнить его с реальной информацией, полученной посредством мониторинга фотоэлектрических систем. Это необходимо сделать для анализа и обнаружения возможных причин, влияющих на общую производительность фотогальванической системы.

Список источников

1. Лукутин Б.В., Суржикова О.А., Шандарова Е.Б. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении. – М.: Энергоатомиздат, 2008. – 231 с.

2. Germany's electricity generation mix 2015. STROM-Report Renewable energy Germany, 2015. – URL: http://strom-report.de/renewable-energy/.

3. Городов Р.В, Губин В.Е., Матвеев А.С. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политех. ун-та, 2009. – 294 с.

4. Atmospheric Science Data Center. NASA Surface meteorology and Solar Energy, 2016. – URL: https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/sse.cgi?.

5. Попель О.С., Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г. и др. Атлас ресурсов сол-нечной энергии на территории России. – М.: Изд-во МФТИ, 2010. – 83 с.

6. Research cell record efficiency chart. The National Center for Photovol-taics (NCPV) at the National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2015. – URL: http://www.nrel.gov/ncpv/.

7. Ali Sayigh. Comprehensive Renewable Energy. Volume One. Photovol-taic Solar Energy // Elsevier Ltd – 2012. – P. 746. – URL: http://www.sciencedirect.com.focus.lib.kth.se/

УДК 614.8.086

ЗАЩИТА ОПЕРАТОРА МОБИЛЬНОГО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО АГРЕГАТА ОТ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ

д.т.н., профессор М.М. Юрков; к.т.н. Е.В. Шешунова; ст. преподаватель М.Л. Борисова
(ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия)

Аннотация. Использование мобильных сельскохозяйственных агрегатов при обработке почвы связано с образованием пыли, которая вместе с другими вредными веществами негативно влияет на организм оператора. Применение кабин, а также различных устройств для очистки воздуха на рабочем месте не всегда не всегда обеспечивают нормативные значения содержания вредных веществ. Приводятся средства защиты оператора мобильного сельскохозяйственного агрегата от вредных воздействий окружающего пространства в виде мокрой очистки приточного воздуха. Рассматриваются способы снижения влияния вторичных источников.

Ключевые слова: кабина, фильтр, концентрация пыли.

PROTECTION OF THE OPERATOR OF A MOBILE AGRICULTURAL UNIT FROM HARMFUL SUBSTANCES IN THE AIR

Candidate of Technical Sciences, Professor M.M. Yurkov; Candidate of Technical Sciences E.V. Sheshunova; Senior Lecturer M.L. Borisova
(FSBEI HE Yaroslavl SAA, Yaroslavl, Russia)

Abstract. The use of mobile agricultural aggregates during tillage is associated with the formation of dust, which, together with other harmful substances, negatively affects the operator's body. The use of cabins, as well as various devices for cleaning air in the workplace, does not always provide the normative values of the content of harmful substances. The means of protecting the operator of a mobile agricultural unit from the harmful effects of the surrounding space in the form of wet cleaning of the supply air are given. The ways of reducing the influence of secondary sources are considered.

Keywords: cabin, filter, dust concentration.

Работа оператора мобильного сельскохозяйственного агрегата, обусловленная выполнением технологических операций, связана с

условиями окружающей среды. Время суток постоянно изменяет среду. Погода меняется и воздействия происходят по-иному, например, с изменением направления ветра пыль относится в сторону или преследует агрегат и загрязняет воздух на рабочем месте оператора. При норме [1] запыленности 10 мг/м^3, концентрация может возрастать в десятки раз. В состав пыли могут входить помимо почвенной и растительной основы возбудители заболеваний, неразложившиеся остатки ядохимикатов, что ставит состояние здоровья человека в состояние риска заболевания. Помимо наносимого вреда здоровью работника, срывается график работ. Очевидно,что защита оператора от различных вредных воздействий является актуальной задачей. Обеспечение безопасных условий труда – основа эффективности производства.

Основной путь решения проблемы состоит в изоляции рабочей зоны от внешней среды и применении средств, обеспечивающих снижение загрязненности воздуха в рабочей зоне до безопасного уровня. Кабина, как пассивное средство, выполняющая функцию изоляции рабочей зоны от внешней среды, является элементом системы защиты. Так как концентрация загрязнений в наружной среде неоднородна, то при помощи кабины и воздухозаборов можно обеспечить выбор воздуха с наименьшей загрязненностью.

Обеспечение минимального массообмена между воздушной средой внутри кабины и наружным воздухом снижает поступление загрязнителя. Чтобы исключить, задув внешнего воздуха в кабину приточной вентиляцией создается избыточное давление $Р_{изб}$, уравновешивающее внешний напор воздушных потоков. Принято оценивать степень изоляции рабочей зоны [2] от внешней среды или герметичность кабины диаметром эквивалентного отверстия Дэо, т.е. такого отверстия, площадь которого равна суммарной неплотности кабины, через которую происходит массообмен с наружной средой.Производительность приточной вентиляции L, необходимая для поддержания в кабине избыточного давления Ризбзависит от диаметра эквивалентного отверстия и определяется по формуле.

$$L = Д_{эо}^2\sqrt{\frac{Ризб}{0{,}977}}\ м^2/с.$$

Значение производительности растет с увеличением эквивалентного отверстия. Однако, при активном поступлении приточного

воздуха, превышающем его расход через неплотности работа охладителя снижает свою эффективность из-за воздушной пробки.

Для эффективной защиты оператора агрегата от воздействия пыли и активных элементов, содержащихся в ней, необходимо весь воздух, подаваемый в кабину очищать фильтрами.

Методика

Минимизация воздействия вредными веществами на организм оператора мобильного сельскохозяйственного агрегата определяется возможными приемами решения проблемы. Экспериментом и изучением накопленного опыта осуществляется выбор решения вопроса. Измерения проводились стандартным способом (ГОСТ-7057-86) с учетом внешних условий. Рассматривалась операция по химической обработке растений.

Результат

Концентрация вредного вещества определена на внешней поверхности кабины по ее окружности в восьми точках в течении одного гона. На диаграмме видно (рисунок 1), что концентрация вредного вещества в наружном воздухе вокруг кабины по периметру при различном ветровом режиме при встречном ветре 0,8…1,2 м/с – кривая 1; при отсутствии ветра – кривая 2; при ветре справа по ходу агрегата и его скорости 1,3…1,5 м/с – кривая 3; при попутном ветре скоростью 1,2…1,4 м/с – кривая 4. При устройстве забора воздуха для подачи в кабину необходимо учитывать место с наименьшим содержанием вредных веществ в окружающем пространстве.

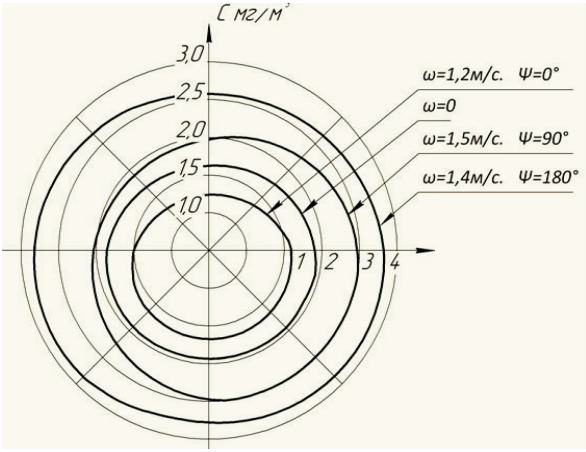
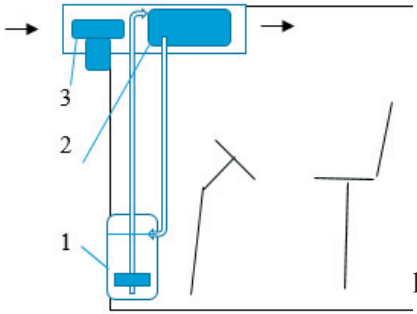


Рисунок 1 – Диаграмма распределения концентрации вредного вещества



1 – бак с увлажнителем и насосом; 2 – блок охладителя с испарительной насадкой и одновременно фильтрующим элементом; 3 – вентилятор приточного воздуха.
Рисунок 2 – Схема рециркуляции воды в охладителе испарительного типа

Для очистки приточного воздуха можно использовать устройство (рисунок 2), обеспечивающее автоматическую регенерацию элементов, улавливающих частицы в потоке. Этим устройством может быть система мокрой очистки, содержащая орошаемую водой насадку с элементами улавливания частиц на мокрой поверхности. Такое устройство несет функцию очистки с одновременным охлаждением воздуха за счет испарения влаги с поверхностей мипластовых насадок, имеющих пористую структуру. Вода, орошающая насадку и подаваемая насосом из бачка. По мере загрязнения заменяется и сводит к снижению концентрации пыли вносимой и окружающей среды.

Особенностью использования охладителя испарительного типа для очистки воздуха заключается в системе охладителя с циркулирующей водой. Наружный воздух, нагнетаемый вентилятором, проходит через испарительную насадку и поступает в кабину. При прохождении наружного воздуха через испарительную насадку, содержащиеся в воздухе загрязнения улавливаются увлажненными стенками воздушных каналов. Со стенок вканалов загрязнения смываются водой и поступают бак. Из бака вода вновь подается в испарительную насадку. Растворенные ядохимикаты могут опять попадать в насадку и испаряясь в воздушном потоке загрязнять воздух на рабочем месте оператора. Мокрая пыль остается в бачке до удаления, а растворенные вредные элементы могут создавать вторичные источникизагрязнения. Необходимо обеспечить уровень загрязнений, не превышающий ПДК, определяемый гигиеническими нормами.

Концентрацию вредных веществ в воздухе, обусловленную вторичным присутствием, выразим отношением E/L_1, E – количество вещества, испаряющегося с насадки за единицу времени, L_1 –

производительность охладителя по воздуху (производительность первого контура). Условие применимости охладителя для одновременной очистки воздуха может быть определено неравенством:

$$E/L1 \leq C_{пдк},$$

где $C_{пдк}$ – предельно-допустимая концентрация загрязняющих веществ на рабочем месте.

Количество вредного вещества, испаряющегося за единицу времени, можно рассчитать по формуле Лыкова [2]:

$$E = АД\ S \cdot \frac{\rho_o - \rho_\infty}{l},$$

где А – коэффициент пропорциональности, зависящий от числа Рейнольдса;

Д – коэффициент молекулярной диффузии паров вредного вещества в воздухе;

S – площадь испарения;

ρ_o и ρ_∞ – плотность насыщенных паров испаряющейся жидкости и плотность паров этой жидкости в удалении от поверхности испарения;

l – длина воздушного потока над поверхностью испарения.

Для нашего случая целесообразно использовать формулу после преобразования, где $V_{пр}$ и $V_в$ – объем вещества в воде и воды в баке.

$$E = АДS \cdot \frac{V_{пр}}{L_1\ (V_{пр} - V_в)} \cdot \frac{\rho_o - \rho_\infty}{l} \leq ПДК$$

Обеспечивая количество вредного вещества в пределах допустимой концентрации (ПДК) решаем поставленную задачу.

Осевшая на внутренних поверхностях кабины пыль, а также принесенная с обувью почва, высохшая и размельченная, может появиться в воздухе на рабочем месте. Самоочищающийся полик [3] может в автоматическом режиме удалять во внешнюю среду загрязнения скопившиеся на его поверхности.

Выводы

Вредные загрязнения воздуха на рабочем месте мобильного сельскохозяйственного агрегата оказывают нежелательное воздействие на его организм. Многочисленные работы не дают же-

лаемого эффекта, загрязнения присутствуют и требуют средства их снижения. Мокрая очистка воздуха вместе с увлажнением и охлаждением может частично решить задачу.

Список источников

1. Сайченко, Я.Н. Снижение токсической загрязненности воздуха в кабине хлопководческого трактора / Я.Н. Сайченко, М.И. Ландсман, А.А. Фролов // Механизация хлопководства. – 1981. – № 12. – С. 17–18.

2. Серпионова, Е.Н. Промышленная адсорбция газов и паров / Е.Н. Серапионова. – М.: Высшая школа, 1969. – 416 с.

3. Юрков, М.М. Кабина транспортного средства / М.М. Юрков, В.С. Шкрабак, В.В. Шкрабак, Р.В. Шкрабак. Патент на изобретение РФ №2045436 B62Д 33/06, B60S 1/62 Опубл. 1995 Бюл. № 28.

СОДЕРЖАНИЕ

Адакин Р.Д., Ситчихин М.А. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия), **Колибаба О.Б.** (ФГБОУ ВО ИГЭУ, Иваново, Россия) Разработка концепции складского робота-погрузчика 3
Ананьин Г.Е., Степанов А.С. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Перспективы применения вихревых теплогенераторов 12
Борисова М.Л. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Когенерационные установки как источник альтернативной энергии 17
Дмитренко В.П., Адакин Р.Д., Соцкая И.М. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Особенности выращивания культур в теплицах 5-го поколения 23
Иванов М.Ю. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Анализ рынка антикоррозионных составов для защиты легковых автомобилей 35
Колибаба О.Б. (ФГБОУ ВО ИГЭУ, Иваново, Россия), **Адакин Р.Д.** (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Интенсификация процессов теплоотдачи теплообменников хлебопекарных печей 38
Милюткин В.А. (ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, Кинель, Самарская обл., Россия) Исследование эффективности мобильного, универсального, многофункционального агрегата для агрохимических работ в полеводстве 45
Милюткин В.А., Киров Ю.А., Киров В.Ю. (ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, Кинель, Самарская обл., Россия) **Бородулин И.В., Агарков Е.А.** (ООО «ЭКОВОЛГА», Самара, Россия) Технико-технологическое обоснование энергосберегающего производства комплексных удобрений на экологической основе 52
Николаев В.А. (ФГБОУ ВО Технический университет, Ярославль, Россия), **Кряклина И.В.** (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Особенности конструкции гидропневмопривода 61
Орлов П.С. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Уточнение границ устойчивости работы трансформатора 69

Садыков Ж.Д., Файзуллаев И.М., Камолов Б.И., Шамуратова С.М. (Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан) Отопление сельскохозяйственных зданий с использованием возобновляемых и нетрадиционных источников энергии 74
Смелик В.А., Калинин А.Б., Теплинский И.З., Смелик О.В. (ФГБОУ ВО СПбГАУ, Санкт-Петербург, Россия) Идентификация технологического процесса активного профильного почвооуплотняющего катка 78
Угловский А.С., Соцкая И.М. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Моделирование и анализ гибридного автомобильного транспорта на водородных топливных элементах 85
Угловский А.С., Соцкая И.М. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Сравнение диагностических интерфейсов OBD и CAN, используемых для проведения диагностики систем автомобиля 96
Файзиев Т.А., Садыков Ж.Д., Файзуллаев И.М., Хидиров М.М. (Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан) Математическая модель для определения среднестатистического изменения температуры воздуха по высоте солнечной установки 104
Шешунова Е.В., Шмигель В.В. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия), **Еропкин П.Е.** (ЗАО Тандер Магнит, Ярославль, Россия) Очистка сточных вод животноводческих ферм озоном 108
Шмигель В.В., Угловский А.С. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Проектирование и анализ системы управления высоковольтным (постоянным) напряжением 100 Кв генератора ионизации 116
Шмигель В.В., Угловский А.С. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Расчет солнечной фотоэлектрической системы мощностью 50 КВт, присоединенной к электрической сети потребителя с использованием компьютерной системы (PVsyst)..... 125
Юрков М.М., Шешунова Е.В., Борисова М.Л. (ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, Ярославль, Россия) Защита оператора мобильного сельскохозяйственного агрегата от вредных веществ в воздухе..... 140

Научное издание

ИННОВАЦИОННЫЕ ИНЖЕНЕРНЫЕ РАЗРАБОТКИ В АПК

Сборник трудов по материалам Национальной научно-практической конференции с международным участием

01 декабря 2022 г.

Текстовое электронное сетевое издание

Статьи публикуются в авторской редакции.
Авторы несут ответственность за содержание публикаций.

Подписано к использованию 13.03.2023 г.

Минимальные системные требования:
процессор Intel Pentium 1,3 ГГц и выше; оперативная память 256 Мб и более; операционная система Microsoft Windows XP/Vista/7/10; разрешение экрана 1024x768 и выше; мышь; дополнительные программные средства: Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше.

Издательство ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА.
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.
http://www.yaragrovuz.ru/