

УДК.: 631.3:629.2-2173:621.31

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА БАРАБАННОЙ ЗЕРНОСУШИЛКИ

**Бактыбек уулу Азамат (0000-0002-2404-9541),
Кадыров Ишембек Шакирович (0000-0003-2576-5387),
Исаков Артур Уланович (0009-0002-5525-0376).**

*Кыргызский национальный аграрный университет им. К.И. Скрябина, г Бишкек,
Кыргызская Республика*

Аннотация: В представленной читателю статье приводится описание объекта исследования в виде мобильного с производительностью, рассчитанный на использование мелкими фермерскими хозяйствами в нашей республике барабанной зерносушилки. На основании этого описания с участием магистрантов, соискателей и аспирантов на кафедре ЭАСХ создается лабораторный стенд, который является хорошей базой при проведении научно-экспериментальных работ в процессе написания магистерских и кандидатских диссертаций. Создаваемый лабораторный стенд оснащен полупроводниковым силовым оборудованием, с помощью которого удастся проводить экспериментальные исследования максимально приближенные к реальным. Достоверная точность исследования достигается с применением современной измерительной и регистрационной аппаратуры.

Ключевые слова: Барабанная зерносушилка, Сушильный элемент, Рабочая камера, Цепная передача, Асинхронный двигатель, Крутящий момент, Фрикционные катки

БАРАБАНДУУ ДАН КУРГАТКЫЧТЫН ЭЛЕКТРОПРИВОДУНУН БАШКАРУУ СИСТЕМАСЫН ИШТЕП ЧЫГУУ

**Бактыбек уулу Азамат (0000-0002-2404-9541),
Кадыров Ишембек Шакирович (0000-0003-2576-5387),
Исаков Артур Уланович (0009-0002-5525-0376).**

*К.И. Скрябин атындагы Кыргыз улуттук агрардык университети, Бишкек шаары,
Кыргыз Республикасы*

Аннотация: Окурманга берилген макалада республикабыздагы майда фермердик чарбалардын барабан дан кургаткычын колдонуусуна эсептелген, өндүрүмдүүлүгү мобилдик түрүндө изилдөө объектисинин сыпаттамасы келтирилет. Бул сыпаттаманын негизинде, магистранттардын жана аспиранттардын катышуусу менен АЧЭЖА кафедрасында лабораториялык стенд түзүлөт, ал магистрдик жана кандидаттык диссертацияларды жазуу процессинде илимий-эксперименталдык иштерди жүргүзүүдө жакшы негиз болуп саналат. Түзүлгөн лабораториялык стенд жарым өткөргүч электр жабдуулары менен жабдылган, анын жардамы менен реалдуу изилдөөгө мүмкүн болушунча жакын эксперименталдык изилдөө жүргүзүлөт. Изилдөөнүн ишенимдүү тактыгы заманбап өлчөө жана каттоо аппаратураларын колдонуу менен жетишилет.

Өзөктүү сөздөр: Барабандуу дан кургаткыч, Кургатуучу элемент, Жумушчу камера, Чынжырлуу өткөргүч, Асинхрондук кыймылдаткыч, Тегеренүүчү учур, Фракциялык катоктор.

**DEVELOPMENT OF AN ELECTRIC DRIVE CONTROL SYSTEM
DRUM GRAIN DRYER**

Baktybek uulu Azamat (0000-0002-2404-9541), Kadyrov Ishembek Shakirovich (0000-0003-2576-5387), Isakov Artur Ulanovich (0009-0002-5525-0376).

Kyrgyz National Agrarian University named after K. I. Skryabin, Bishkek, Kyrgyzstan

Annotation: *The article presented to the reader contains a description of the object of research in the form of a mobile with productivity, designed for the use of a drum grain dryer by small farms in our republic. On the basis of this description, with the participation of undergraduates, applicants and postgraduates, a laboratory stand is being created at the EACC department, which is a good base for conducting scientific and experimental work in the process of writing master's and PhD theses. The laboratory stand being created is equipped with semiconductor power equipment, with the help of which it is possible to conduct experimental studies as close as possible to real ones. Reliable accuracy of the study is achieved with the use of modern measuring and recording equipment.*

Keyword: *Drum Grain Dryer; Drying element, Working Chamber; Chain Drive, Asynchronous Motor; Torque, Friction rollers*

1. Введение

В настоящее время на территории Кыргызской Республики сохранились только элеваторы, построенные в Советские времена. Однако такие элеваторы не могут быть востребованными из-за частичного демонтажа основного оборудования, кроме того, они рассчитаны на сушку большого объема зерна. Современным хозяйствующим фермерским субъектам не представляется возможным обеспечить требуемый объем сушки зерна, если даже они смогут скооперироваться.

В связи с этим, работы по проектированию зерносушилок, предназначенных для сушки зерновых культур, выращиваемых в Кыргызской Республике мелкими фермерскими хозяйствами, являются наиболее приоритетными. Однако, в источниках литературы встречаются только отдельные патентные конструкции, находящиеся в реестре Кыргызпатент. Что касается разработки систем автоматизированного управления электроприводами зерносушилок, задающие оптимальные режимы сушки зерен различных культур фактически не встречаются.

В тоже время тенденция увеличения продукций, поставляемых на рынки фермерскими хозяйствами, требует особого внимания производителей

сельхозмашиностроения выпуску малогабаритных зерносушилок. Повышенный интерес к этой работе обусловлен и тем, что увеличивается спрос на поставку мобильных, малых по производительности зерносушилок в различные регионы республики, где выращиваются различные зерновые культуры.

Удовлетворение потребностей малых фермерских хозяйств мобильных конструкций зерносушилок потребует открытия малых предприятий и цехов по производству зерносушилок, что способствует к появлению новых рабочих мест.

Завоевать нишу рынка как внутри республики, так и вне возможно только в том случае, если будут удовлетворены спрос на качественную продукцию, т.е. будут решены вопросы длительного хранения зерновых культур без потерь физико-химических и вкусовых качеств. Все это и определяет необходимость творческого подхода при разработке новых конструкций зерносушилок, оснащенной современной элементной базой, позволяющей задавать различные температурные режимы в рабочей камере зерносушилок согласно перерабатываемому объему, поставляемых различными фермерскими хозяйствами зерновых культур.

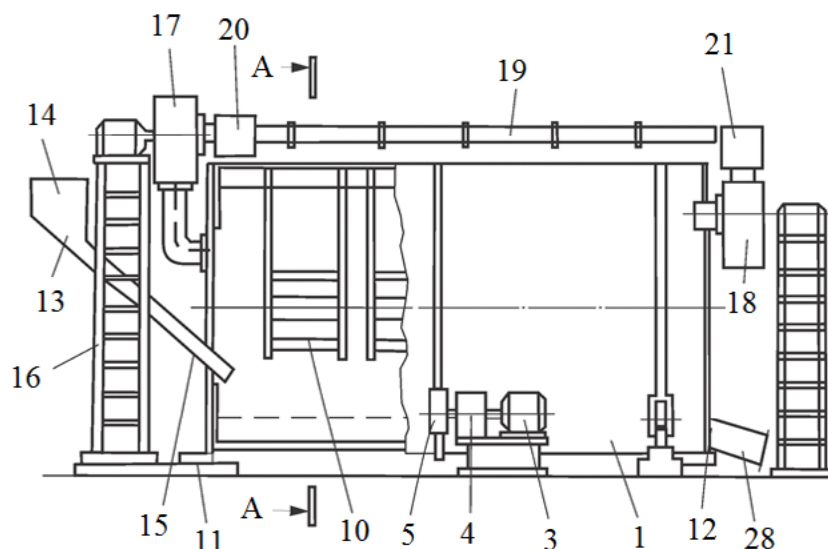


Рис. 1. Принципиальная схема барабанной сушильной установки с нагревателем инфракрасного излучения «Составлена по [1]».

Следует подчеркнуть и другой фактор, если фермерские хозяйства стремятся к независимости в своей деятельности, то этот вопрос можно решить только в том случае, если они пользуются собственными установками. Этим и определяется интерес к проектированию и выпуску зерносушилок отечественного производства.

2. Материалы и методы исследования

В результате анализа технической литературы в качестве объекта управления, выбрана оптимальная по конструкции барабанная зерносушилка, опубликованная в реестре Кыргызпатента Кыргызской Республики (В.Н. Шипилов, А. В. Шипилов; Бишкек. – № 20170013.1), которая по своим возможностям может удовлетворить потребности фермерских хозяйств для сушки зерновых культур малыми партиями. Держателем патента является ОСО «Электрофарфор», специализирующегося на выпуске основного сушильного теплоносителя – нагревателя инфракрасного излучения.

Предложенная в (В.Н. Шипилов, А. В. Шипилов; Бишкек. – № 20170013.1) конструкция относится к барабанным сушилкам, предназначенным для сушки зерен злаковых культур. Область

применения – ориентирована на фермерские хозяйства в нашей республике. В проектную документацию барабанной зерносушилки можно заложить два варианта исполнения: стационарной, размещенной в пунктах приема агентов сушки и мобильной на колесной основе с автономным источником электрической энергии, вырабатываемой с помощью солнечных батарей.

Показанная на рис. 1 принципиальная схема зерносушилки относится к стационарному варианту исполнения, в которой основным энергоносителем является электрическая энергия, поступающая по линии электропередач.

В этой установке влажный сушильный элемент – зерно накапливается в бункера 14 и по мере сушки подается в рабочую камеру по лотку 15, закрепленный жестко в загрузочном устройстве 13. Барабанная зерносушилка на рис. 1 имеет рабочую камеру, расположенную во внутренней полости трубы, выполняющей функцию корпуса зерносушилки 1. Как видно из рис. 1 рабочая камера имеет горизонтальное исполнение, поэтому для обеспечения непрерывного и интенсивного процесса сушки барабан зерносушилки приводится во вращение с помощью электродвигателя 3. Вращающий момент от вала двигателя на ось барабана передается через систему

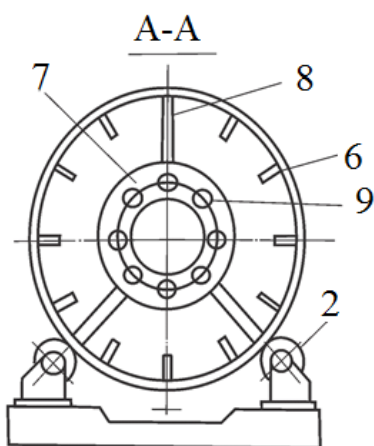


Рис. 2. Схема барабанной сушильной установки с нагревателем инфракрасного излучения (вид с торца) «Составлена по [1]».

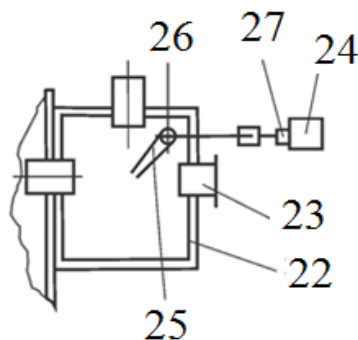


Рис. 3. Схема распределителя воздуха «Составлена по [1]».

механических передач: редуктора 4 и передаточного механизма. Передаточный механизм состоит из зубчатой пары 5: зубчатого колеса, посаженного на вал двигателя и зубчатого венца, закрепленного на корпус зерносушилки. Зубчатый венец есть нечто иное как цепь, натянутая по окружности корпуса барабана, поэтому эту передачу можно ассоциировать как цепную передачу. Следовательно, зубчатое колесо на валу двигателя входит в зацепление с цепью и передает вращательное движение барабану. Как видно из рис. 2 барабан катается на фрикционных катках 2, тем самым создается свободное вращательное движение барабана относительно своей оси.

В разрезе А-А на рис. 2 показаны радиально расположенные полки 6 на внутренней поверхности корпуса барабана, предназначенные для активного

перемешивания зерновой массы. За счет этих полок увеличивается интенсивность сушки в рабочей камере, так как влажный агент сушки постоянно находится во взвешенном состоянии. При этом создается условие, когда сушильный агент – горячий воздух равномерно обдувает поверхности зерен. Кроме этого, если расположить эти полки под небольшим углом относительно оси барабана, то такое распределение полок будет способствовать перемещению зерна вдоль рабочей камеры. Время нахождения зерна в рабочей камере определяет полный цикл процесса сушки, после чего, высушенное зерно через гибкий рукав 28 идет на выгрузку.

Для получения сушильного агента – горячего воздуха, используются нагревательные элементы 7 инфракрасного излучения цевочной формы, закрепленные на стержневых опорах 8 внутри корпуса (рис. 2). Нагревательные элементы являются резистивными, запрессованные в электротехнический фарфор в количестве 10 штук, исполнение их имеют трубчатую форму и покрыты глазурью. В процессе монтажа эти элементы собираются в виде блоков 9 и последовательно располагаются вдоль оси рабочей камеры и создают постоянный тепловой режим для сушки. Блоки между собой соединяются параллельно. Герметичность рабочей камеры достигается за счет ограждений 11 и 12 (рис. 1), установленных неподвижно на торцах корпуса 1.

Требуемая интенсивность сушки зерна достигается за счет системы вентиляции, которая, принудительно циркулируя увлажненный воздух по замкнутому контуру удаляется наружу. Системы вентиляции состоит из приточного вентилятора 17 и вытяжного вентилятора 18 и соединенные между собой воздуховод 19 с распределителями воздуха 20, 21, показанный на рис. 3. Распределение воздуха производится устройством отвода 23, закрепленного в корпусе 22. Для управления процессом отвода увлажненного воздуха используется электромагнит 24,

якорь 27 которого приводит в движение лопасть 25, установленная на оси 26. Тем самым образуется автоматическая система, позволяющая довести воздух до требуемой концентрации при закрытом окне и открытия его для отвода из рабочей камеры.

3. Результаты исследования

Для того, чтобы построить систему управления барабанной сушилкой необходимо сформулировать технологический процесс сушки в следующей последовательности:

- включается электропривод барабана зерносушилки;
- производится предварительный прогрев внутренней полости рабочей камеры до температуры не превышающей предельно допустимой температуры нагрева зерна, включением блоков инфракрасного излучения в электросеть;
- производится подача влажного материала сушки в рабочую камеру, открытием заслонки в бункере;
- осуществляется подача сушильного агента в рабочую камеру, подключением вентиляторов в системе вентиляции.

На основании сказанного выше задачей автоматизации процесса сушки зерна, является разработка алгоритма управления, включающие следующие операции:

- автоматический пуск электропривода барабана для активного перемешивания зерна. Установление скорости вращения электродвигателя в зависимости от вида злака и степени влажности;
- автоматическое подключение нагревательных элементов для предварительной подогрева и проведение непрерывного контроля за температурой в рабочей камере;
- автоматическое открытие задвижки в накопительном бункере для подачи сырого агента сушки;
- автоматический пуск приточных и вытяжных вентиляторов;
- автоматический контроль за

концентрацией воздуха для открытия клапана распределителя воздуха для вывода влажного воздуха в наружу;

- автоматический отвод высушенного зерна через гибкий рукав на выгрузку.

При организации эффективного и оптимального управления и контроля режима сушки с применением современной преобразовательной техники и микропроцессорных систем управления ими производительность выбранной сушильной установки составит 20 т/сут, в зависимости от вида сырья и его первоначальной влажности.

Для исследования режимов работы барабанной зерносушилки и основного силового элемента электропривода барабана силами студентов и магистрантов производится монтаж лабораторного стенда имитационной модели, установленный во вновь созданной лаборатории «Автоматических систем по преобразованию возобновляемых источников энергии и управления сельскохозяйственными машинами» кафедры «Электрификации и автоматизации сельского хозяйства» Кыргызского национального аграрного университета им К.И. Скрябина.

4. Дискуссия

На рис. 4 показан внешний вид лабораторного стенда, при помощи которого можно отработать алгоритм управления барабанной зерносушилкой, представленной на рис. 1. По сути, электродвигатель постоянного тока (ДПТ), обозначенный цифрой 1 представляет собой физическую модель рабочей камеры барабанной зерносушилки, следовательно она должна имитировать процессы сушки всех разновидностей зерновых злаков с различным содержанием влаги, выращиваемых фермерскими хозяйствами в нашей республике. Кроме этого, ДПТ на рис. 4 имитирует нагрузку, приложенную на ось барабана в процессе сушки зерновой массы под воздействием горячего воздуха по всей длине рабочей камеры.

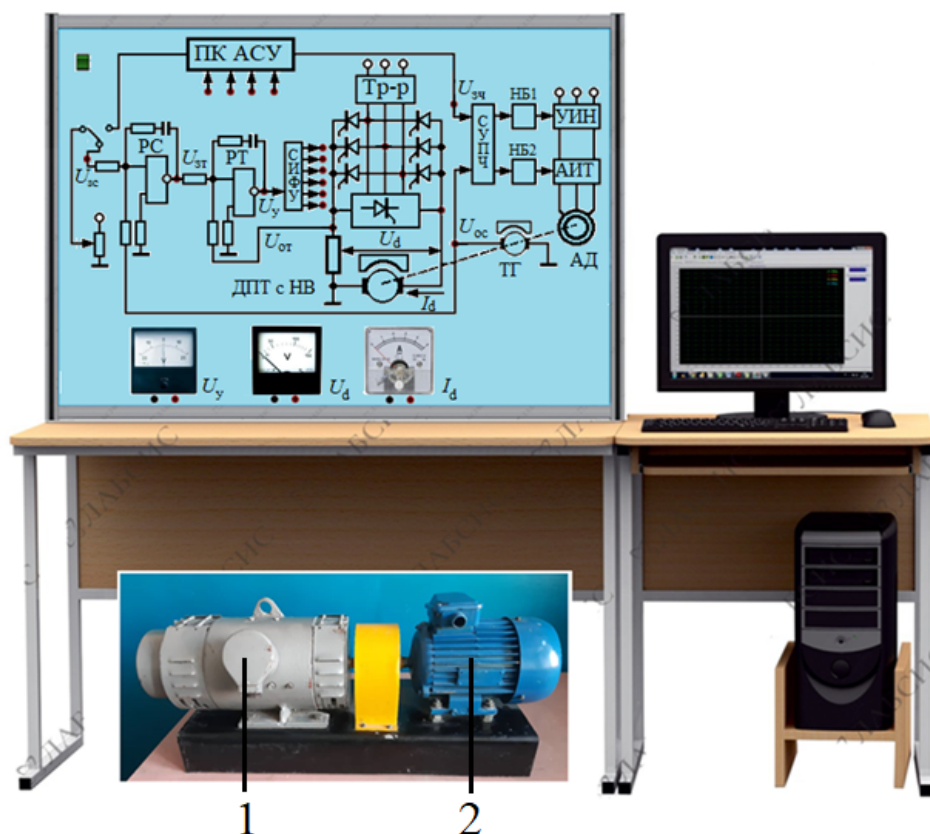


Рис. 4. Общий вид лабораторного стенда «Составлена авторами».

Двигатель постоянного тока обладает свойством плавного регулирования скорости и в широком диапазоне, поэтому не представляет особой трудности воспроизводить имитацию процесса сушки на исследуемом объекте. Асинхронный двигатель, обозначенный цифрой 2, имитирует работу частотноуправляемого электропривода. Основное назначение этого двигателя заключается в регулировании скорости вращения барабана зерносушилки в зависимости от вида культуры, задаваемой автоматической системой управления.

Перед выбором типа электродвигателей лабораторного стенда был произведен предварительный расчет нагрузки на валу двигателя имитации барабанной зерносушилки по методике, приведенной в (А.П. Гержой, В.Ф. Самочетов. 1967. - 114 с.)

Основанием для расчета является, оптимальное соотношение длины рабочей камеры к ее диаметру. Для объекта, представленной на рис. 1 значение этого

соотношения составляет:

$$L/D = 5 \quad (1)$$

На основании соотношения (1) габариты рабочей камеры составляют: длина 5 м, диаметр 1 м.

По результатам предварительного расчета имитация рабочей камеры зерносушилки производится двигателем 2ПН 100L с данными: $P_n = 1,1$ кВт, $U_n = 110$ В, $n_n = 1500$ об/мин $I_n = 12,7$ А $\eta = 0,785$. При этом асинхронный двигатель 4А80В4У3 с данными: $P_n = 1,5$ кВт $n_n = 1500$ об/мин является приводным двигателем барабанной зерносушилки.

На мнемосхеме лабораторного стенда на рис. 4 эти двигатели обозначены как ДПТ с НВ и АД. Согласно этой схеме ДПТ с НВ 1 получает питание с выхода реверсивного тиристорного преобразователя, а АД с выхода полупроводникового частотного преобразователя. Следует отметить то, что стенд на рис. 4 является универсальным

стендом, предназначенным для имитации разновидностей сельхозмашин, поэтому объект исследования выполнен в исполнении реверсивного электропривода постоянного тока.

Система управления электроприводом выполнен по двухконтурной системе: с внутренним контуром тока и внешним контуром скорости. Датчиками контуров являются шунт постоянного тока и тахогенератор. Оптимизация контуров управления достигается соответствующей настройкой регулятора тока РТ и регулятора скорости РС. Схема управления лабораторного стенда позволяет настроить контура на технический и симметричный оптимумы.

В системе управления частотноуправляемым электроприводом предусмотрены нелинейные блоки НБ1 и НБ2, позволяющие выбрать оптимальный закон управления электропривода по системе «Преобразователь частоты-асинхронный двигатель» (ПЧ-АД) при условии, если статорная обмотка АД получает питание с выхода преобразователя частоты со свойствами источника тока (В.И. Ключев 1985. – 560 с.) (И.Ш. Кадыров. 2006. – 211 с.)

5. Выводы

В описании основного текста приводятся конструктивные особенности барабанной зерносушилки, на основании которого можно заключить возможность использования его для удовлетворения нужд фермерских хозяйств республики. Создаваемый на кафедре лабораторный стенд может быть использован в качестве объекта автоматизации зерносушилки, в котором можно имитировать все этапы прохождения агента сушки в рабочей камере. На основании вышеизложенного текста можно сформулировать следующие выводы:

1. Применение прогрессивных технологий при организации процесса сушки зерна, требует создания условий, при котором в рабочей камере

зерносушилки происходит интенсивный тепловлагоперенос.

2. При выборе алгоритма схемы управления зерносушилки, необходимо заложить технологический процесс, когда в первоначальный момент производится форсированное выделения влаги за счет интенсивного нагрева, а по мере прогрева материала сушки перейти к активному вентилированию до тех пор, пока концентрация воздуха не достигнет критического для удаления его наружу.

3. При выборе конструкции зерносушилки учитывался фактор того, что конструкции существующих ныне промышленных зерносушилок предназначены для переработки крупной партии зерновых злаков. Эти сушилки отличаются сложностью конструктивного исполнения, обладают малоэффективным потреблением энергетических ресурсов сушки, кроме того, отработанные продукты агента сушки могут загрязнять окружающую среду.

4. С учетом, проведенных предварительных расчетов выбран оптимальный с точки зрения использования мелкими фермерскими хозяйствами в нашей республике барабанная сушильная установка с нагревателем инфракрасного излучения.

6. И с п о л ь з о в а н н а я литература

1. Пат. 2035 Кыргызская Республика, KG№ 2035, С1, кл F26B11/04 (2017.01) F26B3/30 (2017.01), 2018. Барабанная зерносушилка [Текст] / В.Н. Шипилов, А. В. Шипилов; Бишкек. – № 20170013.1; заявл. 02.02.17; опубл. 30.03.18, Бюл. №3. – 5 с.

2. А.П.Гержой, В.Ф.Самочетов. Зерносушение и зерносушилки: Учеб. пособ. для вузов пищевой промышленности – М.: Издательство «Колос», 1967. - 114 с.

3. В.И. Ключев. Теория электропривода. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 560 с.

4. И.Ш. Кадыров.