

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТАНОВОК ДЛЯ АКТИВНОГО ВЕНТИЛИРОВАНИЯ И ПНЕВМОТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЗЕРНА В СИЛОСАХ И БУНКЕРАХ

В.П. Чиркин, С.В. Богуслов

В работе приводится обзор, анализ и описание действующих и усовершенствованных установок для активного вентилирования зерна в силосах элеваторов и бункерах, с помощью которых можно также осуществлять пневматическую загрузку и выгрузку сыпучих материалов. Разработан экспериментальный стенд для исследования процессов активного вентилирования и пневмотранспортирования зерна в силосах и бункерах. Получены предварительные результаты.

Введение

Активное вентилирование проводят для сохранения качества сырого и влажного зерна, ожидающего сушки, путем снижения температуры, а также охлаждения хранящихся партий для повышения их стойкости; предотвращение развития плесеней и вредителей хлебных запасов [1].

Для вентилирования зерна в силосах элеваторов применяют три различные установки.

Одна из них обеспечивает вертикальные продувание зерновой насыпи снизу вверх. Воздух от вентилятора установки поступает через одну или две трубы под короб, из которого входит в зерновую массу и пронизывает ее. Удаляется воздух из силоса через верхний загрузочный люк. На установке можно вентилировать зерно при частичной или полной загрузке силоса. Она сравнительно проста по устройству и в эксплуатации.

Две другие установки предусматривают поперечное (или горизонтальное) продувание зерновой насыпи в силосе от одной стены к другой. Эти установки состоят из двух воздухоподводящих каналов, расположенных вдоль стен силоса по всей его высоте. Аналогично с противоположной стороны располагаются два воздухоотводящих канала. Воздухоподводящие и воздухоотводящие каналы выполнены или жалюзийными полукруглого сечения или перфорированными круглого сечения.

Установки с горизонтальным продуванием насыпи в силосах элеваторов обеспечивают охлаждение зерна в более короткое время.

Авторами [2,3] предложены новые установки для активного вентилирования зерна в силосах и бункерах. Кроме того, предложены установки, позволяющие проводить с помощью одного вентилятора и единой системы пневмопроводов три технологических процесса: активное вентилирование зерна, пневматическую загрузку и выгрузку сыпучих материалов в бункерах [4–7].

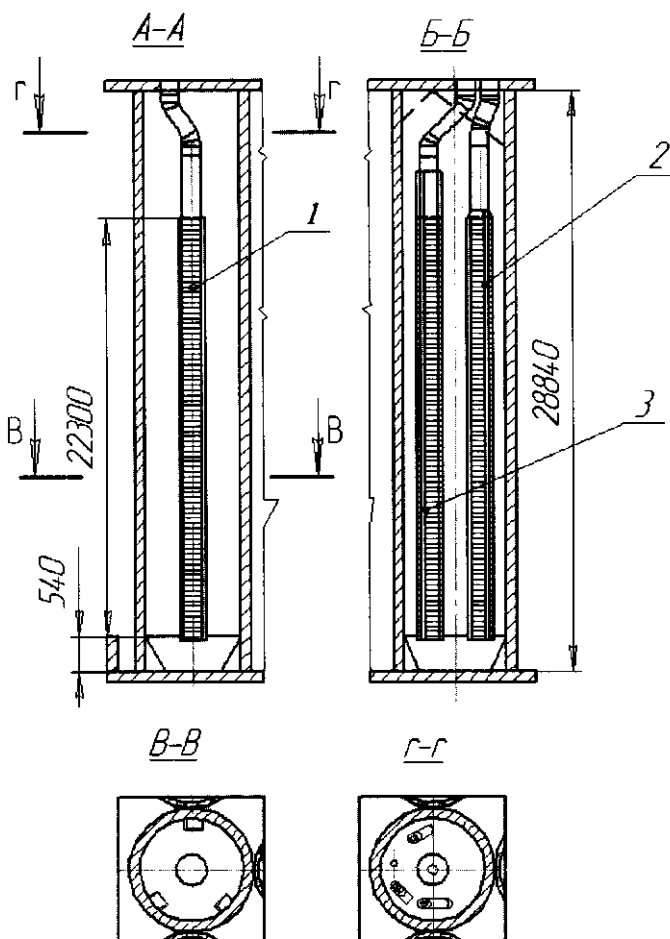
Для изучения предложенных способов с целью определения конструктивных и технологических параметров разработан и изготовлен экспериментальный стенд с замкнутым циклом [8]. Получены предварительные результаты.

Результаты исследований и их обсуждение

В разработанной нами усовершенствованной установке для активного вентилирования зерна в силосах элеваторов (рисунок 1) применено поперечное (или горизонтальное) продувание зерновой насыпи в силосе от одной стены к другой, при этом уменьшено количество воздухораспределительных каналов с 4 до 3 и изменена схема их расположения в силосе, изменена система ввода и вывода воздуха из силоса, применены более компактные осевые вентиляторы СВМ-6м вместо центробежных Ц9-55 № 6.

Все это позволило снизить на 63 % металлоемкость установки увеличить на 3 % полезную емкость силоса, занятую зерном, обеспечить более равномерное вентилирование зерна

по всему объему силоса. Недостатками вышеприведенных установок является значительный расход материала на изготовление воздухоподводящих и воздухоотводящих каналов и потеря полезной емкости силоса. Для устранения вышеперечисленных недостатков нами предложена установка для активного вентилирования зерна в силосах элеваторов, в которой воздухоподводящий трубопровод выполнен в виде канала, образованного частью стен смежных силосов, причем эти части выполнены перфорированными (рисунок 2) [2].

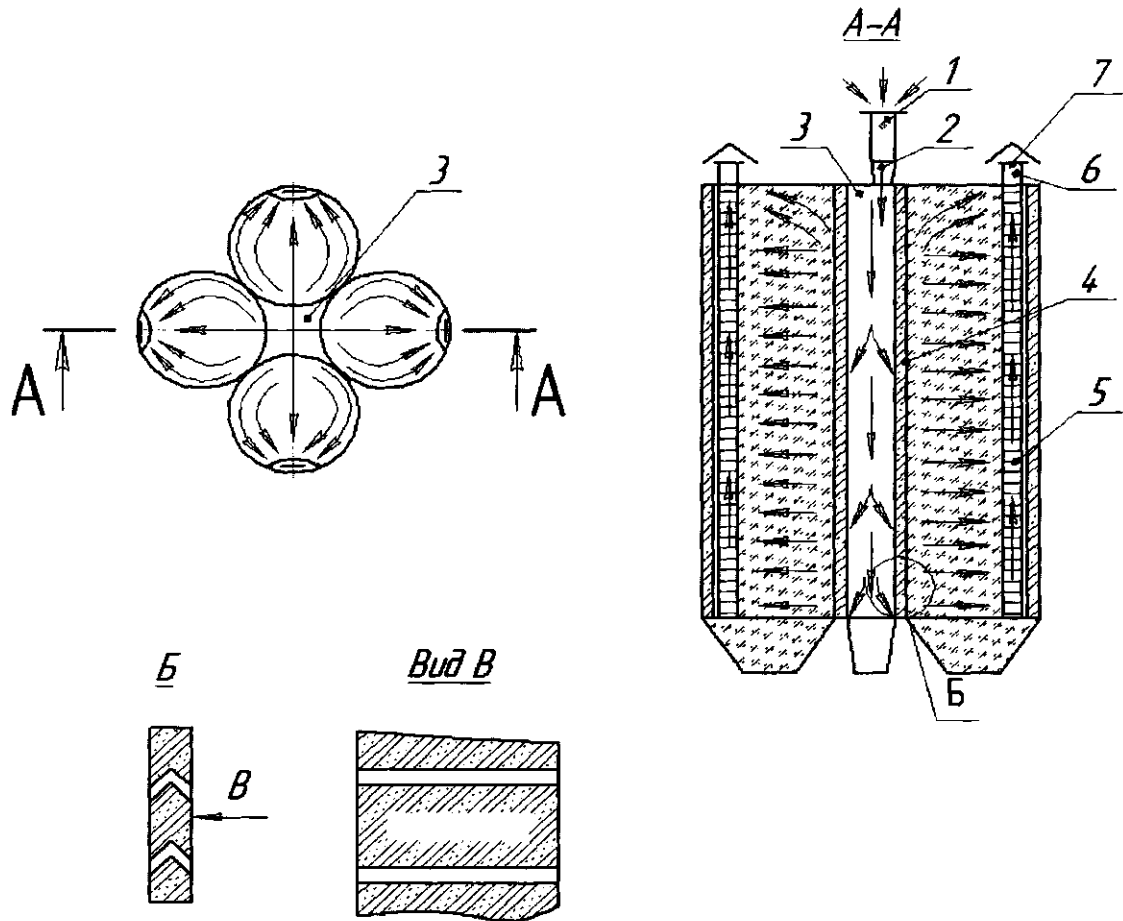


1 – воздухоподводящий канал; 2,3 – воздухоотводящие каналы

Рисунок 1 – Схема усовершенствованной установки для активного вентилирования зерна в силосах элеваторов

Установка работает следующим образом: четыре смежных силоса полностью заполняются зерном. Воздух, нагнетаемый вентилятором 1, через переходник 2 поступает в воздухоподводящий канал 3, наполняет его и через щели для прохода воздуха, расположенные в нижних и средних частях стен воздухоподводящего канала, поступает в зерновую массу, пронизывает ее в поперечном направлении одновременно в четырех смежных силосах, затем собирается в воздухоотводящих трубопроводах 5 и через воздухоотводящие патрубки 6 отработанный воздух выбрасывается наружу. Перекрывая воздухоотводящие патрубки при помощи задвижек 7, можно вести вентилирование как единичных силосов, так двух, трех или четырех смежных силосов. По окончании вентилирования воздухоподводящий канал можно заполнять зерном.

Высота и угол наклона щелей 4 для прохода воздуха подбираются такими, чтобы исключалось перетекание зерна из вентилируемых силосов в воздухоподводящий канал и обратно, а зерно при опорожнении силосов не оставалось на стенках в щелях.



1 - вентилятор; 2 - переходник; 3 - воздухоподводящий канал; 4 - щели; 5 - воздухоотводящие трубопроводы; 6 - воздухоотводящие патрубки; 7 - задвижки

Рисунок 2 – Установка для активного вентилирования зерна в смежных силосах элеваторов

Применение данной установки позволит уменьшить расход материала при изготовлении и монтаже воздухоподводящих каналов, снизить потери полезной емкости силосов, осуществить проведение активного вентилирования зерна одновременно в четырех силосах.

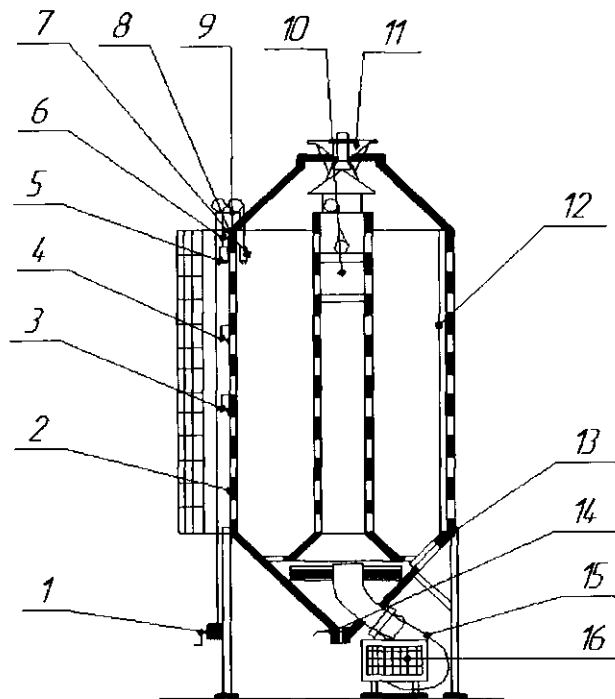
На зерноперерабатывающих предприятиях и семяочистительных станциях для активного вентилирования зерна в бункерах применяются устройства, состоящие из источника сжатого воздуха, емкости с перфорированной боковой поверхностью и расположенного в центре емкости воздухоподводящего трубопровода с установленным внутри него клапаном (рисунок 3) [1].

Авторами данной работы предложено новое устройство, которое предназначено для проведения активного вентилирования зерна в смежных емкостях (рисунок 4) [3].

При этом длина перфорированной стенки 4 каждой из смежных емкостей определена из выражения

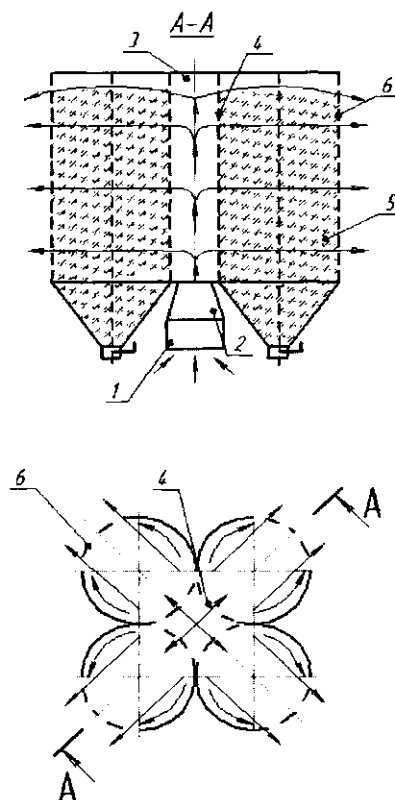
$$L_n = \frac{(\pi D_e - 2D_e)}{2} = 0,57 D_e, \quad (1)$$

где L_n – длина перфорированной стенки каждой из смежных емкостей;
 D_e – диаметр каждой из смежных емкостей.



1 – лебедка; 2 – корпус бункера; 3 – пробоотборники; 4 – регулятор влажности; 5,7 – грузики;
 6 – флажок фиксатора; 8 – измерительный преобразователь уровня; 9 – кронштейн с блоками;
 10 – цилиндрический клапан (поршень); 11 – конусный распределитель зерна; 12 – воздухораспре-
 делитель; 13 – регулировочное кольцо; 14 – выпускная воронка; 15 – вентилятор; 16 – электрокалорифер

Рисунок 3 – Вентилируемый бункер БВ -25



1 – вентилятор; 2 – переходник; 3 – воздухоподводящий трубопровод; 4 – сопряженные стенки емкостей;
 5 – емкости; 6 – перфорированные стенки

Рисунок 4 – Устройство для активного вентилирования зерна в смежных бункерах

Устройство работает следующим образом: четыре смежные емкости 5 заполняют зерном. Воздух, нагнетаемый вентилятором 1, через переходник 2 поступает в воздухоподводящий трубопровод 3, образованный сопряженными стенками емкостей 5, выполненными с перфорацией в средней и нижней части. При создании в воздухоподводящем трубопроводе 3 избыточного давления, равного сопротивлению зерновой насыпи в смежных емкостях 5, воздух через круглые отверстия перфорации, выполненные в металлических стенках 4 смежных емкостей 5 и расположенные в нижней и средней частях стен воздухоподводящего трубопровода 3, поступает в зерновую массу, пронизывает ее в поперечном направлении одновременно в четырех смежных емкостях 5 и через воздухоотводящий трубопровод, образованный выполненными перфорированными частями стенок 6 смежных емкостей 5, расположенными напротив стенок воздухоподводящего трубопровода 3 (перфорированные отверстия стенок 4 смежных емкостей 5) выбрасывается наружу.

При этом воздух равномерно распределяется по всему сечению зерновой насыпи, так как каждая из смежных емкостей 5 выполнена с диаметром, равным длинеisperфорированной стенки каждой из смежных емкостей. Процесс активного вентилирования зерна в емкостях 5 прекращается при температуре всей зерновой насыпи, равной температуре подаваемого в зерновую насыпь воздуха. Применение предложенного устройства для проведения активного вентилирования в смежных емкостях позволит снизить металлоемкость конструкции за счет отсутствия расхода на изготовление и монтаж воздухоотводящего трубопровода, увеличить полезный объем емкостей и снизить энергозатраты за счет равномерного распределения воздуха по сечению зерновой насыпи. Для проведения активного вентилирования зернового материала в силосах и бункерах необходимо произвести их загрузку, а затем выгрузку. Как правило, загрузка и выгрузка материала производится с использованием механического или пневматического транспорта.

В последнее время авторами предложены установки, позволяющие, кроме проведения активного вентилирования, осуществлять пневматическую загрузку и пневматическую выгрузки сыпучих материалов из силосов и бункеров, используя при этом один вентилятор и единую систему пневмопроводов [4–7].

Устройство для осуществления предлагаемого способа (рисунок 5) содержит источник сжатого воздуха в виде вентилятора 1 высокого давления, приемный бункер 2 с сыпучим материалом, питатель 3 для подачи материала в загрузочный транспортный трубопровод 4, распределительный трубопровод 5, размещенный в приемной емкости 6 и предназначенный для загрузки материала. Передняя часть распределительного трубопровода 5 квадратного сечения выполнена из набора шарнирно установленных перфорированных пластин 7, между которыми размещены неподвижные пластины 8 с расположенными в нижней части дополнительными ограничителями 9, предназначенными для ограничения движения перфорированных пластин 7 в вертикальной плоскости. Пластины 7 верхней частью шарнирно закреплены между вертикальными стойками 10 и снабжены с наружной стороны ограничителями 11 их поворота внутрь трубопровода. Внутри распределительного трубопровода 5 установлен клапан 12, выполненный в виде криволинейной поверхности с возможностью поворота под прямым углом и сопряжения с перфорированными пластинами 7. Вертикальное перемещение клапана 12 внутри распределительного трубопровода 5 обеспечивается с помощью лебедки 13. В приемной емкости 6, напротив распределительного трубопровода 5, установлен перфорированный воздухопровод 14 для отвода отработанного воздуха при проведении активного вентилирования и выгрузки материала из емкости 6. Для выгрузки материала в нижней части емкости 6 установлены выпускной патрубок 15 с затвором 16, разгрузочный транспортный трубопровод 17 и перфорированная вставка 18. На крышке емкости 6 со стороны распределительного трубопровода 5 установлен патрубок 19, используемый для размещения клапана 12 и конечного выключателя. При этом нижняя поверхность патрубка 19 со стороны шарнирно установленных пластин 7 выполнена криволинейной. Напротив перфорированного воздухопровода 14 на крышке емкости 6 размещен патрубок 20 с задвижкой, применяемый для выброса отрабо-

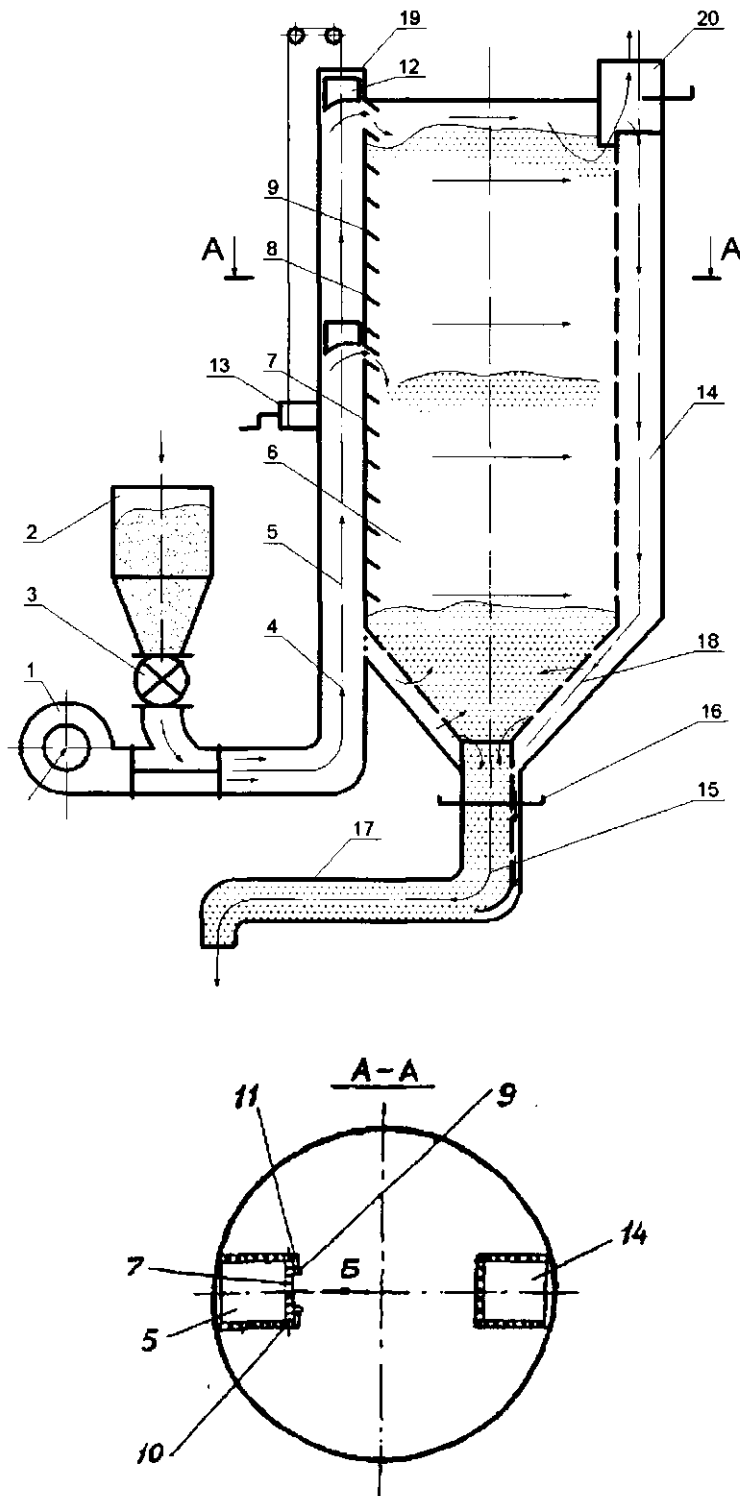
танного воздуха в атмосферу. Нижняя часть патрубка 20 входит в открытый сверху перфорированный воздухопровод 14.

Устройство работает следующим образом. Сыпучий материал, например пшеница, поступает в приемный бункер 2. Из приемного бункера 2 пшеница направляется в питатель 3 и с помощью сжатого воздуха, поступающего от вентилятора 1, подается в загрузочный транспортный трубопровод 4, а затем в распределительный трубопровод 5. В последнем за счет создания вентилятором давления образуются щели между шарнирно установленными перфорированными пластинами 7 и верхней частью неподвижных пластин 8, размер которых определяется дополнительными ограничителями 9. Материал скользит по криволинейной поверхности клапана 12, ударяется о сопряженные с ним перфорированные пластины 7, теряет скорость и высыпается в приемную емкость 6. Таким образом, в предложенном устройстве шарнирно установленные перфорированные пластины совместно с бункером полностью выполняют функцию инерционного разгрузителя, то есть решается задача значительного повышения эффективности отделения материала и легких примесей от воздушного потока, что позволяет выбрасывать в атмосферу отработанный очищенный воздух.

По мере заполнения приемной емкости 6 перфорированные пластины 7 распределительного трубопровода 5 постепенно перекрываются материалом, в результате чего пластины 7 под действием собственной массы и давления массы материала возвращаются в исходное вертикальное положение (движение перфорированных пластин 7 внутрь распределительного трубопровода невозможно из-за ограничителей 11, расположенных с наружной стороны пластин 7), следовательно, давление воздуха на клапан 12 увеличивается, при этом включается электродвигатель лебедки 13, которая поднимает клапан 12 выше.

В конечный период загрузки приемной емкости 6 материалом клапан 12 входит в патрубок 19, расположенный на крышке емкости 6, взаимодействует с конечным выключателем, закрепленным на крышке патрубка 19, в результате чего отключается электродвигатель лебедки 13 и останавливается движение клапана 12. Материал скользит по криволинейной поверхности клапана 12 и сопряженной с ним криволинейной поверхности патрубка 19, в результате чего происходит полное заполнение емкости 6 материалом, при этом сокращаются потери полезного объема емкости.

Отработанный воздух поступает в кольцевой зазор между перфорированным воздухопроводом 14 и нижней частью патрубка 20, после чего выбрасывается в атмосферу при открытой задвижке в патрубке 20, при этом уменьшаются энергозатраты за счет снижения гидравлических потерь воздухопроводов. Загружаемый в верхней части материал ударяется о наружную поверхность нижней части патрубка 20, теряет скорость и выпадает в емкость 6, при этом исключается попадание материала и легких примесей в открытый сверху перфорированный воздухопровод 14. При охлаждении материала воздух поступает от вентилятора 1 в распределительный трубопровод 5 (клапан 12 при этом находится ниже материала). Из распределительного трубопровода 5 и перфорированной вставки 18 воздух в поперечно-горизонтальном направлении пронизывает толщу материала и через перфорированный воздухопровод 14 и патрубок 20 при открытой задвижке выбрасывается в атмосферу. Вентилирование проводится до тех пор, пока материал не охладится до температуры подаваемого воздуха. Затвор 16 при этом закрыт. При выгрузке материала из емкости 6 задвижка в патрубке 20 закрывается. Воздух от вентилятора 1 подается в распределительный трубопровод 5, затем в открытый в верхней части перфорированный воздухопровод 14. При этом открывается затвор 16 на величину заданной производительности. Воздух, выходящий через перфорации воздухопровода 14 и перфорации вставки 18, ожигает материал в конусной части емкости и в выпускном патрубке 15, а воздух, находящийся в воздухопроводе 14 и выходящий через сужающееся нижнее его основание, подхватывает ожигенный материал, и вся аэрозоль по транспортному трубопроводу 17 подается к месту назначения.



1– вентилятор; 2– приемный бункер; 3– питатель; 4– загрузочный транспортный трубопровод;
 5– распределительный трубопровод; 6– приемная емкость; 7– перфорированные пластины;
 8– неподвижные пластины; 9,11– ограничители; 10– вертикальные стойки; 12– клапан; 13– лебедка;
 14– перфорированный воздухопровод; 15– выпускной патрубок; 16– затвор; 17– разгрузочный
 транспортный трубопровод; 18– перфорированная вставка; 19– патрубок; 20– патрубок с задвижкой

**Рисунок 5 – Установка для активного вентилирования
 и пневмотранспортирования сыпучих материалов в силосах и бункерах**

Таким образом, в предложенном устройстве шарнирно установленные перфорированные пластины совместно с бункером полностью выполняют функцию инерционного раз-

грузителя за счет установки неподвижных пластин с дополнительными ограничителями и выполнения клапана в виде криволинейной поверхности, сопряженной с шарнирно установленными пластинами. Криволинейная поверхность клапана в конечный период загрузки сопряжена с поверхностью патрубка, в результате чего происходит полное заполнение емкости материалом, при этом сокращаются потери полезного объема емкости. Нижняя часть патрубка в предлагаемом устройстве входит в открытый перфорированный воздухопровод, что позволяет при окончательной загрузке емкости повысить эффективность очистки материала и легких примесей от воздуха и уменьшить энергозатраты. В результате решаются поставленные задачи – повышение эффективности отделения зернового материала от воздушного потока путем ограничения движения перфорированных пластин в вертикальной плоскости, сопряжения их с клапаном в виде криволинейной поверхности с возможностью поворота под прямым углом и направленного движения материала внутрь емкости, сокращение потерь полезного объема емкости из-за размещения клапана в патрубке за ее пределами, уменьшения энергозатрат путем снижения гидравлических сопротивлений воздухопроводов.

Как видим, предложенный нами способ позволяет проводить с помощью единой системы пневмопроводов и одного вентилятора активное вентилирование, загрузку материала и его выгрузку.

На рисунке. 6 приведена еще одна установка для активного вентилирования, пневматической загрузки и выгрузки сыпучих материалов в бункерах [7].

Распределительный трубопровод 6 квадратного сечения выполнен из набора перфорированных пластин-жалюзей, верхней частью шарнирно закрепленных между вертикальными стойками, снабженных с наружной стороны ограничителями поворота внутрь трубопровода.

Принцип работы заключается в следующем.

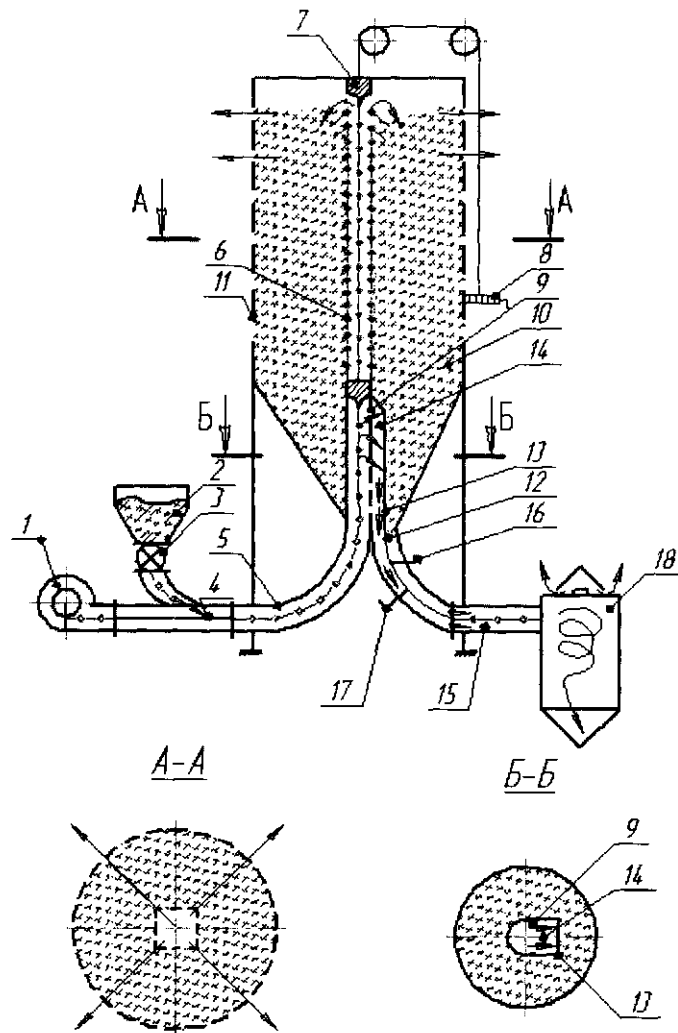
Сжатый воздух от воздуходувной машины 1 и сыпучий материал из емкости 2 через питатель 3 подаются в приемник типа «тройник» 4.

Образовавшуюся аэросмесь транспортируют по загрузочному транспортному трубопроводу 5, затем – по распределительному трубопроводу 6, размещенному по оси приемного бункера 10. Сыпучий материал высыпает в приемный бункер 10 при постоянном подъеме клапана 7, размещенного в распределительном трубопроводе 6, вручную или с помощью электролебедки 8. Отработанный воздух выбрасывается через воздухопроницаемые стенки 11 бункера 10 в атмосферу.

Перед проведением активного вентилирования сыпучего материала с целью повышения его сохранности клапан 7 опускают по распределительному трубопроводу 6 вниз ниже высоты размещенного в бункере сыпучего материала. После этого включают воздуходувную машину 1 и сжатый атмосферный воздух подают в загрузочный транспортный трубопровод 5, а затем – в распределительный трубопровод 6. Воздух выходит через перфорированные пластины распределительного трубопровода 6, пронизывает толщу сыпучего материала в поперечно-горизонтальном направлении и через воздухопроницаемые стенки 11 бункера 10 выбрасывается в атмосферу.

При этом воздух из-за расположения распределительного трубопровода 6 по оси бункера 10 и выполнения стенок 11 бункера 10 воздухопроницаемыми преодолевает наименьшие аэродинамические сопротивления зернового слоя, что приводит к снижению сопротивления сети. При пневматической выгрузке сыпучего материала из бункера 10 открывают задвижку 17 выпускного патрубка 12. Воздух при включенной воздуходувной машине 1 и опущенном клапане 7 движется по транспортному загрузочному трубопроводу 5, затем через перфорированные отверстия части боковой поверхности 9 проходит в полость 14. Далее воздух движется по полости 14 вниз и поступает в разгрузочный транспортный трубопровод 15. Затем открывают задвижку 16, в результате чего происходит истечение сыпучего материала из бункера 10. Образовавшуюся в разгрузочном трубопроводе 15 аэросмесь транспортируют к разгрузителю 18, материал выделяется в нем, а отрабо-

танный воздух выбрасывается в атмосферу. В данном случае сокращается путь транспортирования воздуха, что приводит к дополнительному снижению сопротивления сети.



- 1 – воздуходувная машина; 2 – оперативная ёмкость; 3 – питатель; 4 – тройник; 5 – загрузочный транспортный трубопровод; 6 – распределительный трубопровод; 7 – клапан; 8 – электролебёдка; 9 – перфорированная боковая поверхность; 10 – бункер; 11 – воздухопроницаемые стенки; 12 – выпускной патрубок; 13 – металлический стакан; 14 – полость; 15 – разгрузочный трубопровод; 16, 17 – задвижки; 18 – разгрузитель

Рисунок 6 – Устройство для пневматического транспортирования и активного вентилирования сыпучих материалов в бункерах

Для исследования процессов активного вентилирования зерна в бункерах и силосах, определения технологических и конструктивных параметров предложенных установок была разработана и изготовлена экспериментальная установка. При ее создании были проведены расчеты конструктивных параметров рабочих органов установки, а также подобрано необходимое измерительное оборудование.

При проектировании и монтаже экспериментальной установки учитывалось следующее:

- максимальное приближение проводимых исследований к производственным условиям.
- возможность сравнения по гидродинамическим и энергетическим параметрам предложенного способа активного вентилирования, а также пневматической загрузки и выгрузки зерна из бункеров и силосов и применяемого в настоящее время.

Экспериментальная установка для исследования вышеперечисленных процессов в бункерах выполнена по аналогии с установкой, изображенной на рисунке 7.

Для исследования процессов активного вентилирования и пневматической загрузки и выгрузки сыпучих материалов в силосах разработан экспериментальный стенд (рисунок 8), который представляет собой закольцованную нагнетательную систему, обеспечивающую движение материала по замкнутому циклу [8]. К экспериментальному стенду были предъявлены следующие требования:

- движение воздушного потока и аэросмеси по распределительному материалопроводу непрерывное;
- передняя стенка бункера выполнена прозрачной;
- распределительный материалопровод выполнен съемным с целью замены его на цельный материалопровод;
- режимы транспортирования, расходные концентрации аэросмеси аналогичны натурным установкам.

Сущность работы экспериментального стенда поясняется чертежами на рисунке 7 (фиг. 1 схематично изображен общий вид стенда, на фиг. 2 – сечение А-А на фиг. 1).

Экспериментальный стенд состоит из источника сжатого воздуха – воздуходувной машины 1, оперативной емкости 2 для перегрузки сыпучего материала, питателя 3 для подачи материала в приемник типа «тройник» 4. Кроме того, стенд содержит загрузочный транспортный трубопровод 5, переходящий в распределительный трубопровод 6 с клапаном 7, подъем которого производится вручную с помощью лебедки 8. Распределительный трубопровод 6 расположен внутри приемного бункера 9, предназначенного для хранения сыпучих материалов. Напротив распределительного трубопровода 6 установлен перфорированный трубопровод 10, сопряженный в конце с задвижкой 11. В нижней части бункера расположен выпускной патрубок 12. Между выпускным патрубком 12 и перфорированным трубопроводом 10 имеется отверстие для выгрузки сыпучих материалов из бункера, закрытое задвижкой 11. Выпускной патрубок 12 переходит в разгрузочный транспортный трубопровод 13. Разгрузочный транспортный трубопровод 13 соединен с разгрузителем 14. Они предназначены для транспортировки аэросмеси по замкнутому циклу и выгрузки материала в оперативную емкость 2. На крышке бункера 9 установлен патрубок 15 с задвижкой 16 для выброса отработанного воздуха в атмосферу в период его загрузки сыпучим материалом.

Для определения производительности установки материал после разгрузителя 14 с помощью двухпозиционного переключателя 17 отводится в навесовой бункер 18, установленный на взвешивающем приспособлении 19. На всасывающем патрубке воздуходувки 1 расположена задвижка 20, предназначенная для регулировки расхода воздуха в сети.

На нагнетательном патрубке воздуходувки 1 установлен калорифер 21 для изучения процесса сушки материала. Для регистрации потерь давления аэросмеси и скорости воздушного потока в распределительном, перфорированном, и разгрузочном транспортном трубопроводе установлены трубки Пито-Прандтля и датчики давления с регистрирующими приборами 22.

Для обеспечения непрерывного движения аэросмеси. при определении потерь давления в указанных выше трубопроводах необходимо бункер 9 заполнить материалом и установить клапан в верхнее положение. Включить воздуходувную машину 1 и при открытой задвижке 11 обеспечить непрерывное движения аэросмеси по замкнутому циклу.

При загрузке бункера 9 давление воздушного потока по высоте распределительного трубопровода будет изменяться. В начальный период загрузки оно будет максимальным, а в конечный период – минимальным. Поэтому масса жалюзийных решеток 23 распределительного трубопровода 6 при их открытии на определенный угол в период загрузки бункера должна быть разной. Для этого на жалюзийные решетки 23 необходимо устанавливать грузы 24 различной массы. С целью обеспечения доступа к жалюзийным решеткам 23 на передней стенке бункера 9 установлена дверь 25 с возможностью поворота вокруг

вертикальной оси 26. При изучении процесса сушки и активного вентилирования сыпучего материала в нижней, средней и верхней части бункера 9 установлены термодатчики и перфорированные кассеты с материалом 27.

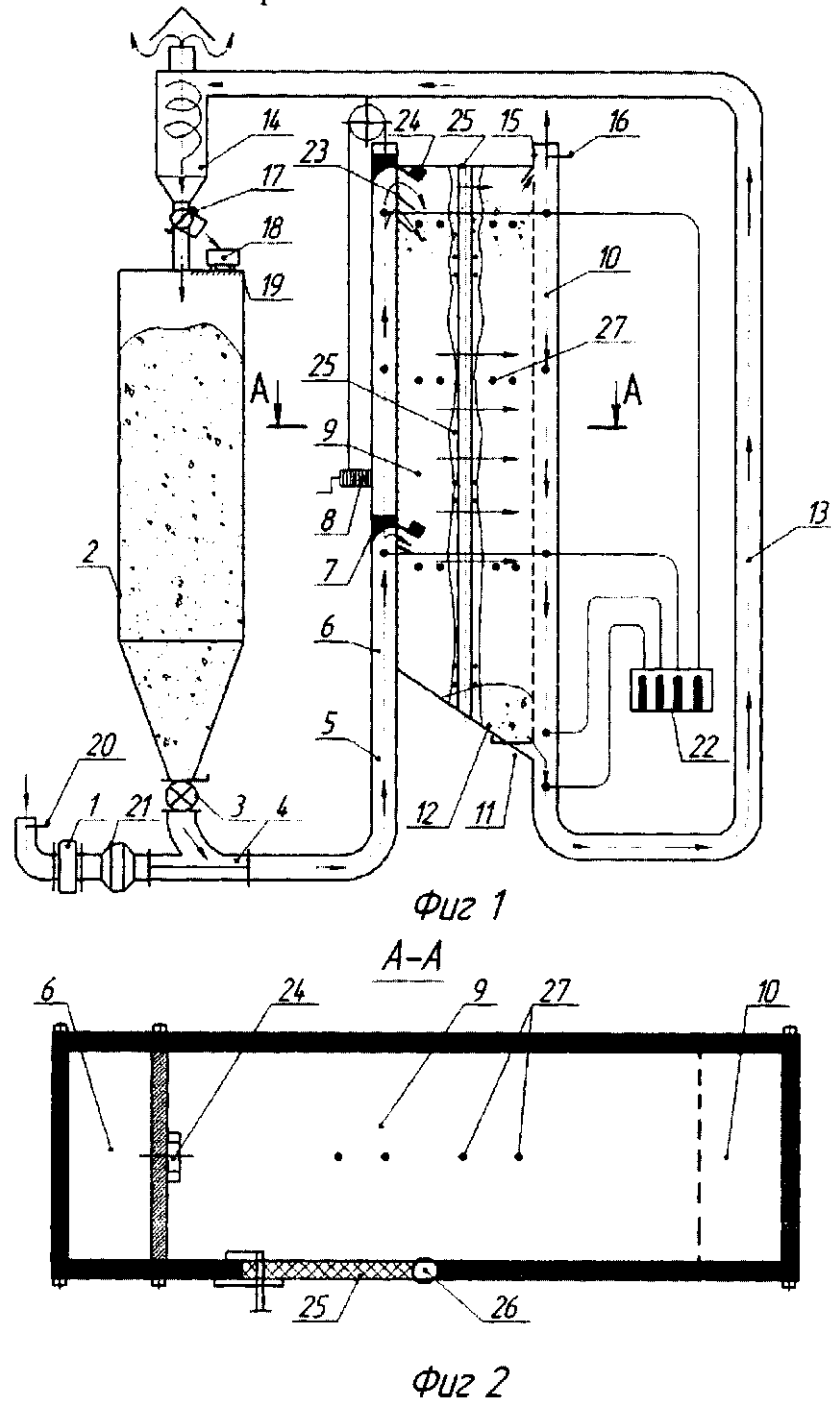


Рисунок 7 – Экспериментальный стенд

Устройство работает следующим образом: при загрузке бункера сжатый воздух от воздуходувной машины 1 и сыпучий материал из емкости 2 через питатель 3 подаются в приемник типа «тройник» 4. Образовавшаяся аэрозоль транспортируется по загрузочному транспортному трубопроводу 5 и распределительному трубопроводу 6 в приемный бункер 9 при постоянном подъеме клапана 7 с помощью лебедки 8. Отработанный воздух выбрасывается через патрубок 15 при открытой задвижке 16, при этом задвижка 11 закрыта, а задвижка 16 открыта.

Для пневматической выгрузки сыпучих материалов из бункера 9 сжатый воздух, при включенной воздуходувной машине 1 и поднятом клапане 7, поступает по транспортному

загрузочному трубопроводу 5 в распределительный трубопровод 6, выходит через отверстия верхних жалюзийных решеток и подается в перфорированный воздуховод 10 при закрытой задвижке 16 в патрубке 15. Затем открывается задвижка 11 для выгрузки материала из бункера 9. Материал попадает в зазор между стенкой выпускного патрубка 12 и перфорированным трубопроводом 10. В разгрузочном транспортном трубопроводе 13 образуется аэросмесь, которая транспортируется в разгрузитель 14, выделяется в нем и загружается в емкость 2, а отработанный воздух выбрасывается наружу.

При изучении процессов сушки и активного вентилирования сыпучих материалов в бункере клапан 7 опускается ниже уровня материала. Затем включается воздуходушная машина 1 при включенном либо отключенном калорифере 21 в зависимости от процесса. Воздух поступает в распределительный трубопровод 6 и, проходя отверстия жалюзийных решеток, пронизывает толщу материала в поперечно-горизонтальном направлении, собирается в перфорированном трубопроводе 10 и транспортируется по разгрузочному транспортному трубопроводу 13 в разгрузитель 14, а затем выбрасывается наружу.

Необходимо также отметить, что данная установка позволяет ускорить оперативное обслуживание бункеров, так как все три операции (загрузка, вентилирование, выгрузка) осуществляется с помощью одного вентилятора и единой системы пневмопроводов.

В настоящее время на изготовленном стенде были проведены предварительные испытания по исследованию технологических и конструктивных параметров.

Определены потери давления в распределительном материалопроводе при различных скоростях воздушного потока. Общие потери давления определяли в начале распределительного трубопровода с помощью пневмометрической трубки и U-образного микроманометра.

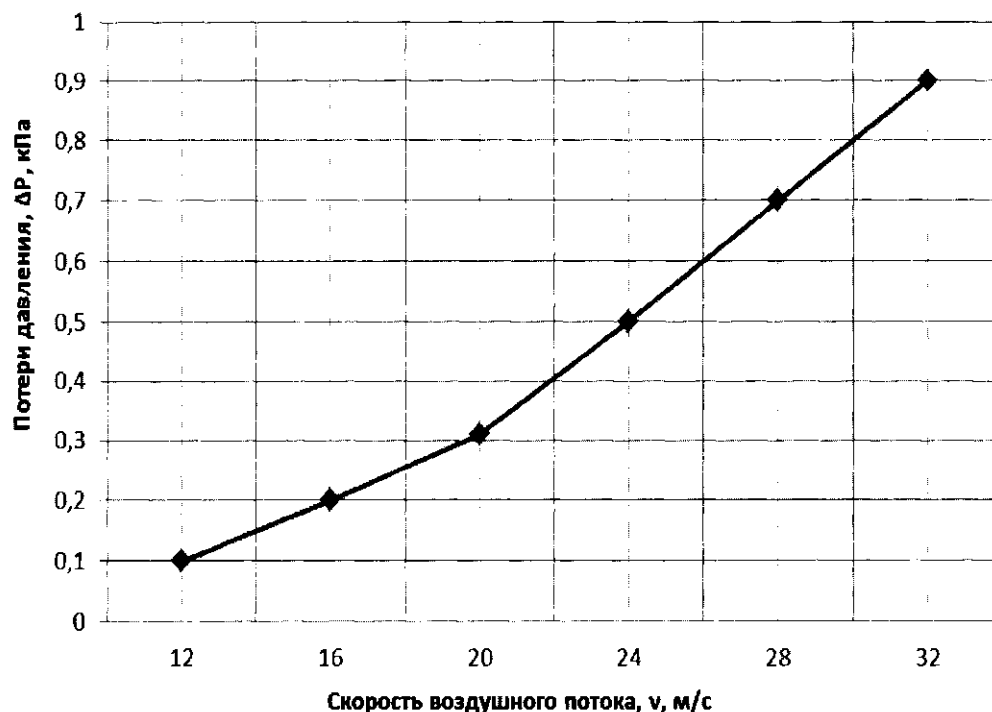


Рисунок 8 – Зависимость потерь давления ΔP от скорости воздушного потока v

Аппроксимация частных зависимостей дает следующее выражение для определения потерь давления ΔP в распределительном материалопроводе:

$$\Delta P = 0,00256 v^2 + 0,0383 v + 0,208, \quad (2)$$

где v – скорость воздушного потока, м/с.

На рисунке 8 приведена зависимость потерь давления от скорости воздушного потока, построенная с использованием выражения (2).

Анализ приведенной зависимости показывает, что с увеличением скорости воздушного потока увеличиваются потери давления.

Полученная зависимость, представленная на рисунке 8, может быть использована при разработке методики инженерного расчета предложенных аспирационных и пневмотранспортных установок.

Заключение

Проведен обзор и анализ традиционных установок для активного вентилирования зерна в силосах и бункерах. Предложены новые технические решения, позволяющие одновременно проводить активное вентилирование зерна в нескольких силосах и бункерах, а также осуществлять пневматическую загрузку и выгрузку сыпучих материалов. Разработан и изготовлен экспериментальный стенд для изучения вышеперечисленных операций. Приведены предварительные результаты.

Литература

- 1 Мельник, Б.Е. Активное вентилирование зерна: Справочник. – М.: Агропромиздат, 1986. – 159 с.
- 2 Чиркин, В.П., Бибик, В.И., Чиркина, В.Е. Установка для активного вентилирования зерна в смежных силосах элеваторов. А.с. № 843845 СССР.
- 3 Устройство для активного вентилирования зерна в смежных емкостях: пат. № 10147 Респ. Беларусь, МПК7 В 65 G53/00 / В.П. Чиркин, А.М. Гальмак; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия. – № а20050767; заявл. 07.26.05; опубл. 10.05.07 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – № 4. – С. 150.
- 4 Чиркин, В.П. Устройство для пневматического транспортирования и хранения сыпучего материала. А. с. № 1648868 СССР.
- 5 Устройство для пневматического транспортирования сыпучих материалов: пат. № 9007 Респ. Беларусь, МПК7 В 65 G53/00 / В.П. Чиркин, А.М. Гальмак; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия. – № а20040549; заявл. 15.06.04; опубл. 30.12.05 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 1. – С. 71.
- 6 Устройство для пневматического транспортирования сыпучих материалов: пат. № 7586 Респ. Беларусь, МПК7 В 65 G53/00 / В.П. Чиркин, А.М. Гальмак; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия. – № а20021014; заявл. 13.12.02; опубл. 30.06.04 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2005. – Ч.1. – № 4. – С. 155.
- 7 Устройство для пневматического транспортирования сыпучих материалов: пат. № 9432 Респ. Беларусь, МПК7 В 65 G53/00 / В.П. Чиркин, А.М. Гальмак; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия. – № а20040454; заявл. 19.05.04; опубл. 30.12.04 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 3. – С. 80.
- 8 Экспериментальный стенд: пат. № 19258 Респ. Беларусь, МПК7 В 65 G53/00 / В.П. Чиркин, С.В. Богуслов, В.Е. Чиркина; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия. – № а20120828; заявл. 28.05.12.

Поступила в редакцию 16.06.2015