

Это изобретение касается фумигации хранящихся частицеобразных пищевых продуктов, таких как зерна и бобовых плодов. Более конкретно, оно касается способа фумигации с использованием фосфина, и устройства для фумигации средства хранения зерна, имеющего множество бункеров, используя фосфин или любой другой соответствующий фумигант.

В этом описании изобретения для удобства термин "зерно" будет использоваться в смысле, охватывающем не только зерно, но и другие частицеобразные пищевые продукты, которые обычно хранятся навалом, как, например, арахис, чечевица, горох и другие бобовые. Этот список не считается исчерпывающим. В этом описании изобретения термин "зерновые вредители" будет охватывать вредителей, обычно обнаруживаемых в хранящемся "зерне" и хорошо известные лицам, которые заняты складированием зерна, которые (вредители) преимущественно являются жуками и некоторыми видами молей.

В течение многих лет большой ассортимент химических пестицидов применялся к складированному зерну, чтобы уничтожить зерновых вредителей, которые могут присутствовать в зернах. Многие из таких химических пестицидов оставляют после себя остатки, которые могут быть вредными, и должны предприниматься меры по обеспечению, чтобы максимальные пределы остатков (MRL) не превышались.

Эта проблема с остатками привела к использованию предпочтительно фумигантов вместо защитных химикатов. И среди фумигантов предпочитается фосфин, потому что любой остаток, который может сохраниться в зерне, будет удаляться или окисляться до безвредного фосфата, когда зерно обрабатывается с образованием пищевого продукта. Когда проводится фумигация фосфином, используя номиналы дозирования, рекомендованные для настоящего изобретения, непрореагировавший фосфин также не вызывает проблем в контексте международных допустимых уровней остатков.

Основная проблема с применением фумиганта, такого как фосфин, в зернохранилищах (таких как элеваторы) касаются норм дозирования и сохранения окружающих условий внутри зерна, которые обеспечивают правильное устранение вредителей. Как отмечено доктором Р.Г. Винком в его статье "Фумигация фосфином в сквозном потоке - новый способ" (которая была передана Конференции по защите хранящегося зерна, 1983), если не применяется так называемый "одностадийный" или "однопроходной" способ с фосфином из газового источника (например, из твердотельного образования алюминиевого фосфида) в отношении элеватора, имеющего утечку, концентрация фосфина в зерне в элеваторе возможно упадет до нуля примерно через 4 или 5 дней. Таким образом, фумигант становится неэффективным после примерно 5 дней. Даже когда фумигант применяется в отношении зерна в полностью герметизированном элеваторе (например, используя способы, описанные в описании изобретения к патенту США №4200657 на имя Джеймса С. Кука), происходит затухание эффективной концентрации фосфина в зерне, так как он поглощается и используется для искоренения зерновых вредителей. Таким образом, если применяется фумигант к зерну при использовании одностадийного способа Кука или способа его рециркуляции (каждый способ, указывает Кук, ведет к равномерному распределению фосфина или другого фумиганта в зерновой массе прежде чем прерывается принудительный поток газа через зерновую массу), не будет значительного спада эффективности способа после относительно короткого периода времени. Аналогичный комментарий применим к способу одностадийной фумигации, изложенному в описании изобретения патентной заявки ЮАР №86/4806, которая соответствует австралийской патентной заявке №59.258/86 фирмы "Коммонвелт Индастриал Гейзес Лимитед". Этот способ просто требует выпускать фосфинсодержащий газ в зерновую массу элеватора.

Известен также способ и устройство для фумигации продуктов фосфином (Трисвятский Л.А. Хранение зерна. - М.: Колос, 1966. - С.384 - 387). В соответствии со способом фумигации продуктов фосфином предусматривается обработка с помощью потока газа, содержащего фосфин, некоего объема зерна или аналогичного сыпучего продукта.

Устройство для реализации описанного способа фумигации продуктов фосфином, содержит несколько силосов, источник смеси транспортирующего газа и газообразного фумиганта, соединяющий их трубопровод, соединительные газопроводы с клапанами между трубопроводом и газовым входным каналом каждого силоса зернохранилища.

Во многих зернохранилищах количество элеваторов разных форм и размеров строится близко друг от друга, и зерно засыпается в пустой элеватор или извлекается из элеватора, содержащего зерно, если требуется. В таких системах, как и в любом многоэлеваторном хранилище, выгодно иметь одну установку фумигации, которая обеспечивает, что любое количество элеваторов в зернохранилище может быть фумигировано без необходимости переконструирования системы фумигации каждый раз, когда элеватор привлекается для использования для хранения зерна или выводится из системы, потому что освобожден от зерна.

Для полного уничтожения зерновых вредителей важно, чтобы достаточно высокая дозировка фосфина оставалась в элеваторе достаточно длительное время для обеспечения того, чтобы толерантные стадии в развитии насекомых-вредителей переходили в менее толерантную стадию и фосфин убивал бы вредителей. В результате этого стойкие виды вредителей не могут развиваться.

В газонепроницаемом по существу элеваторе концентрация фосфина падает до нуля примерно через 16 дней. Работа, необходимая, чтобы сделать газонепроницаемыми старые зернохранилища, дорогая и не всегда успешна. Соответственно, можно использовать способ управляемой фумигации фосфином слабого потока для образования летальных окружающих условий для насекомых вредителей, которые (условия) могут сохраняться в элеваторе так долго, сколько это необходимо, хотя элеваторы не являются полностью непроницаемыми для газа.

Основное требование в отношении способа управляемой фумигации со слабым потоком состоит в обеспечении того, чтобы в зерне достигалась адекватная дозировка фосфина. Концентрация, которая слишком низкая, не будет убивать насекомых на всех стадиях развития. Дополнительно, чтобы быть эффективным с точки зрения производственных затрат, концентрация фосфина не должна быть слишком высокой, которая будет создавать непригодный фумигант.

Задача данного изобретения состоит в создании более чистого и эффективного способа фумигации слабым потоком для долгосрочного подавления насекомых-вредителей в зерне, используя фосфин в качестве фумиганта.

Другая задача настоящего изобретения состоит в создании устройства, которое может использоваться для реализации этого способа фумигации в зернохранилищах, имеющих несколько элеваторов (бункеров), возможно разных размеров и типов, но при изменении числа элеваторов, используемых в любой данный момент времени.

Первая из этих задач (способ эффективной фумигации) решается путем пропускания фосфина низкой концентрации через зернохранилище в непрерывно управляемом процессе, так что всегда имеет место постоянная линейная скорость газа в зерновой массе, и имеет место постоянная скорости потока газа от поверхности зерновой массы величиной от  $0,5 \times 10^{-4}$  до примерно  $2,0 \times 10^{-4}$  метров в секунду. Этот диапазон скоростей потока от

поверхности зерновой массы был подтвержден на основании широких экспериментов как эффективный и экономичный диапазон скоростей потока. Низкая концентрация фосфина составляет от 4 до 200 микрограмм на литр несущего газа. Таких концентраций и скорости потока фосфина в зернохранилище достаточно, чтобы убивать насекомых на всех стадиях их развития.

Период, в течение которого этот способ фумигации слабым потоком используется, зависит от факторов, которые касаются использования зерна. Если предполагается хранить зерно в течение длительного времени, способ фумигации может применяться неопределенно долго или на базе месяца включения - месяца выключения (как пояснено более подробно позже в этом описании). В других случаях способ фумигации со слабым потоком может быть адаптирован для контроля заражения паразитами зерна и потом прерывается. Другое использование настоящего изобретения состоит в проведении одинарной фумигации в течение одного месяца вскоре после сбора урожая (и хранения) зерна, после чего следует фумигация примерно в течение одного месяца, прежде чем зерно будет отгружено (при условии, что период между фумигациями не превышает трех месяцев). Еще один путь, в каком может использоваться способ фумигации со слабым потоком, состоит в проведении одинарной фумигации при высокой концентрации фосфина с последующей фумигацией при низкой концентрации фосфина, которая следует непрерывно после первой обработки, для обеспечения защиты от повторного нашествия паразитов в течение оставшейся части периода хранения. Эти альтернативы не являются исчерпывающими.

Первое основное преимущество такого способа фумигации со слабым потоком состоит в том, что этот способ является эффективным с точки зрения производственных затрат на фосфин (более высокая концентрация фосфина значительно повысит производственные затраты фумигации зерна). Второе основное преимущество состоит в том, что при концентрациях фосфина менее 50 микрограмм на литр, если зерно должно выгружаться из элеватора для транспортировки по морю, может быть необязательно вентилировать зерно для снижения уровня остаточного фосфина, чтобы отвечать требованиям здравоохранения и безопасности. Третье значительное преимущество этого способа в том, что он может применяться во всех типах зернохранилищ, включая элеваторы всех размеров и форм для зерна, которое содержится в ограниченных пространствах во время транспортировки (например, при содержании на судне), и для затаренного в мешки зерна в штабелях, покрытых пластиковыми листами или брезентом.

Таким образом, согласно настоящему изобретению, способ фумигации массы зерна или ему подобного материала включает в себя установление постоянной линейной скорости потока транспортирующего газа, содержащего фосфин, через зерно в концентрации, поддерживаемой в диапазоне от 4 микрограмм на литр газа до 200 микрограмм на литр газа, причем скорость потока транспортирующего газа такова, что газ оставляет поверхность зерна или сыпучего продукта при скорости в диапазоне от  $0,5 \times 10^{-4}$  до примерно  $2,0 \times 10^{-4}$  в секунду.

Более высокие скорости потока несущего газа могут быть адаптированы, но более высокие скорости потока будут увеличивать потребление фосфина и будут (неизбежно) увеличивать производственные расходы способа фумигации.

Обычно несущий газ, который несет фосфин в зерно, будет воздухом, и обычно фосфин будет выдаваться из баллона, содержащего сжатую смесь фосфина и двуокиси углерода. Однако также возможно использование и генераторов фосфина вместо баллонов (обычно эти генераторы используют управляемую реакцию между водой и фосфином металла). В районах страны, где регулярная поставка газовых баллонов не гарантируется, генератор фосфина на месте его потребления является предпочтительным источником фосфина.

Предпочтительно, концентрацию фосфина в газе поддерживают в диапазоне от 10 до 100 микрограмм на литр. Более предпочтительно, концентрация фосфина находится в диапазоне от 15 до 50 микрограмм на 1 литр.

Нормально способ согласно настоящему изобретению будет применяться бесконечно долго. Однако, как указано выше, можно продолжать способ фумигации в течение только коротких периодов времени по типу "продленный одностадийный" способ. Следует отметить, что минимальный период применения фумиганта для полного искоренения каждого вида вредителей изменяется в соответствии с тремя факторами, именно (I) природа вредителей, (II) концентрация фосфина, и (III) окружающая температура. Например, минимальные периоды для истребления видов *Sitophilus granarius*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, *Rhyzopertha dominica*, *Tribolium castaneum*, *Bruchus pisorum*, *Oryzaephilus surinamensis* и *Ephestia cautella* определены в отношении концентраций фосфина от 4 до 100 микрограмм на литр при температуре в диапазоне от 15° до 25°C, и установлено, что изменение происходит за период от 50 дней при концентрации фосфина 4 микрограмма на литр при 15°C, до 10 дней при концентрации фосфина 100 микрограмм на литр и при 25°C.

В модифицированном варианте способа согласно настоящему изобретению подача газа, содержащего фумигант, периодически изменяется, подача газа типично продолжается в течение периода от 25 дней до 28 дней и затем прерывается на период от 28 дней до 35 дней. Для этого модифицированного варианта изобретения требуется концентрация фосфина по крайней мере 10 микрограмм на литр. В случае другого варианта настоящего изобретения, когда концентрация фосфина составляет около 100 микрограмм на литр, применение фумигации требуется только в течение от 12 до 14 дней, после чего следует период "отключения" длительностью от 28 до 35 дней.

Использование потока газа с постоянной линейной скоростью в зерновой массе являются новым техническим решением в фумигации. Прежние способы фумигации устанавливались на основе потоков, связанных с объемом зерна, которое должно быть подвергнуто фумигации. Вторая задача настоящего изобретения - создание устройства фумигации для реализации способа - требует одного источника фосфина (или другого соответствующего газообразного фумиганта) и транспортирующего газа. Этот источник газовой смеси соединен с одним трубопроводом. Трубопровод соединен с газовым водным каналом каждого элеватора в зернохранилище. Между трубопроводом и каждым входным каналом газа элеватора имеется соответствующий клапан (который открывается, когда зерно засыпается на хранение в элеватор, и закрывается, когда элеватор разгружается от зерна) и соответствующую диафрагму. Каждый газовый входной канал должен быть снабжен средством распределения газа для обеспечения того, чтобы газ двигался через зерновую массу в элеваторе, когда происходит фумигация. Диафрагмы имеют масштабы и размеры, которые обеспечивают, чтобы максимальный перепад давления во всей системе оказывался через эту диафрагму.

Это устройство эффективно делает систему в целом нечувствительной к изменениям в системе ниже по ходу потока диафрагмы. Таким образом, если после установления условий стабильного состояния, элеватор, содержащий зерно, разгружается от этого зерна, и клапан между этим элеватором и трубопроводом, который соединен с каждым элеватором, закрывается, будут только незначительные изменения газовой подачи на входные каналы остальных элеваторов в системе. Аналогичным образом, если ранее пустой элеватор засыпается

полностью или частично зерном, открывание клапана между входным каналом этого элеватора и газовым питающим трубопроводом дает возможность начать фумигацию зерна в этом элеваторе лишь с небольшим изменением в газовом потоке в другие элеваторы. Небольшая коррекция в газовом потоке, которая требуется для компенсации в случае изъятия элеватора из системы или добавления элеватора в систему, может производиться путем создания давления в трубопроводе обратного его величине стабильного состояния путем регулирования соответствующего управляющего устройства для подачи газа в трубопровод.

Таким образом, также в соответствии с настоящим изобретением предусматривается устройство для фумигации продуктов фосфином, в котором в каждом соединительном трубопроводе установлена между трубопроводом и входным газовым каналом диафрагма, выполненная с возможностью обеспечения перепада давления через эту диафрагму, значительно большего перепада давления через любой другой конструктивный элемент, расположенный между источником газовой смеси и силосом, с которым связана диафрагма, а в каждом силосе содержится распределитель смеси транспортирующего газа и фумиганта в зерновой массе.

Кроме того, средства управления для изменения подачи газовой смеси содержат контрольный клапан, расположенный между источником газовой смеси и трубопроводом, причем газообразным фумигантом является фосфин, а источник фосфина или сжатой смеси фосфина с другим газом выполнен в виде баллона, а источник фумиганта выполнен в виде полевого генератора фосфина.

Средства управления могут содержать контрольный клапан между источником газовой смеси и трубопроводом, или оно может содержать любое другое соответствующее устройство для управления подачей газа в трубопровод (например, устройство для изменения скорости вентилятора, который принуждает газовую смесь течь в трубопровод).

После того, как та самая система отлажена, чтобы устанавливать требуемую скорость потока через зерно в каждом элеваторе, содержащем зерно, может поддерживаться на требуемом уровне, когда клапан в соединении между трубопроводом и элеватором открывается или закрывается просто путем изменения регулировки положения контрольного клапана (или другой формы управляющего средства), чтобы поддерживать постоянное давление газа в трубопроводе.

Устройство фумигации согласно настоящему изобретению предназначено для использования со множеством вертикальных элеваторов (т.е. элеваторов, имеющих отношение высоты к ширине не менее, чем от 1,5 до 1). Однако, как сказано выше, система в разной мере применима к зернохранилищам, содержащим элеваторы других типов и объемов.

На фиг.1 представлен график, показывающий изменения толерантности фосфина в случае типового зернового вредителя в течение его развития; на фиг.2 - график, показывающий снижение выживаемости зерновых вредителей в зерновом образце, когда зерно подвергалось фумигации при постоянных концентрациях фосфина; на фиг.3 - схематический вид устройства для многоэлеваторной системы фумигации.

График на фиг.1 показывает, что на стадии яйцеклетки и куколки жуки и другие зерновые вредители значительно более стойки к фумигации, чем на личиночной и взрослой стадии. Таким образом, если зернохранилище фумигируется при постоянной концентрации фосфина, концентрация должна быть достаточно высокой, чтобы разрушить все яйцеклетки и куколки, или она должна поддерживаться на величине, которая адекватна для умерщвления всех взрослых вредителей и их личинок в течение времени, достаточного для того, чтобы более стойкие яйцеклетки стали менее стойкими личинками и в течение которого куколки становятся взрослыми.

Путем контроля образования двуокси углерода (из дыхания насекомых) в пробе зерна, которое было заражено *Sitophilus granarius*, в которую (пробу) подавался фосфин постоянной концентрации, были получены результаты, изображенные графически на фиг.2. Эти результаты показывают, как даже при таких низких концентрациях фосфина, как 4 микрограмма на литр и при температуре 25°C все стадии вредителей были разрушены в течение периода около 6,5 недель. Результаты также показывают, что время, в течение которого все стадии разрушаются, уменьшается с увеличением концентрации фосфина. Аналогичные результаты были получены, используя другие концентрации фосфина и при заражении другими видами зерновых вредителей (включая *Tribolium castaneum*, *Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus zeamais*, *Bruchus pisorum*, *Oryzaephilus surinamensis* и *Ephestia cautella*). Из полученных экспериментальных данных было установлено, что все насекомые-вредители умерщвлялись в обоснованное время при постоянной концентрации фосфина не менее 4 микрограмм на литр. При концентрациях фосфина 2 микрограмма на литр популяция насекомых зерна увеличивалась со временем, когда вредитель был *Sitophilus granarius* и *Sitophilus oryzae*. Таким образом, концентрации фосфина ниже 4 микрограмм на литр эффективно не фумигируют зерновую массу.

Хотя может показаться на первый взгляд, что увеличение концентрации фосфина в транспортирующем газе также повышает эффективность способа фумигации, это заключение неправильное. Имеют место экономические факторы, которые следует учитывать. Подробная оценка экономических факторов показывает, что в концентрациях свыше 200 микрограмм фосфина на литр фумигант используется непроизводительно (выбрасывается в отход). Таким образом, концентрация фосфина в транспортирующем газе должна поддерживаться в диапазоне от 4 до 200 микрограмм на литр. Для эффективного и также экономичного способа фумигации концентрация фосфина должна поддерживаться на постоянной величине, выбранной из диапазона концентраций от 4 до 100 микрограмм на литр, предпочтительно в диапазоне от 4 до 50 микрограмм на литр, при должном учетывании периодов времени для умерщвления популяции насекомых при выбранной концентрации.

Средний жизненный цикл зерновых насекомых составляет около 1 месяца. Таким образом, если концентрация фосфина достаточна для умерщвления насекомых всех стадий развития за период менее 30 - 35 дней, прекращение фумигации не приведет к развитию значительной поруляции насекомых вредителей в зерне в течение по крайней мере этого периода. Таким образом, экономичное и также эффективное поддержание несодержащего насекомых зернохранилища может производиться, если применяется способ фумигации фосфином постоянной концентрации (управляемый слабый поток) в течение периода, чтобы эффективно очистить от вредителей зерно и затем прерваться на период от 28 до 35 дней.

Фактический период, в течение которого способ фумигации должен применяться, зависит от факторов, упомянутых ранее в этом описании изобретения, который составляет от 28 до 35 дней, когда концентрация фосфина составляет около 10 микрограмм на литр, и будет таким коротким, как от 12 до 14 дней, если концентрация фосфина повышается до 100 микрограмм на литр. Однако эти неудобства и дополнительные расходы, связанные с периодическим пуском и остановкой процесса фумигации, может сделать это изменение согласно настоящему изобретению непривлекательным для некоторых пользователей способа фумигации.

Преимущества способа управляемой фумигации со слабым потоком по сравнению с традиционными обработками зернохранилищ состоит в облегчении адекватной дозировки фосфина в зерне. Очень низкая концентрация не будет убивать насекомых на всех стадиях развития. Однако, чтобы быть эффективной с точки зрения производственных затрат, концентрация фосфина не должна быть слишком высокой, т.к. будет создавать непроизводительный фумигант.

Создание устройства для осуществления способа является задачей настоящего изобретения и предусматривает установление фумигации со слабым потоком в многоэлеваторном зернохранилище.

Обращаясь теперь к фиг.3, где схематично показан вариант реализации настоящего изобретения, который имеет источник 1, содержащий фумигант газа, который подается под давлением около 500 - 600 Па (т.е. давление около 2 дюймов водостолба). Это давление обычно создается вентилятором (не показан на фиг.3), который обеспечивает поток транспортирующего газа, в котором обычно газообразный фумигант (предпочтительно фосфин) введен обычным способом. Источник 1 газа соединен с питающим трубопроводом 2 с помощью контрольного клапана 3. Питающий трубопровод 2 соединен с газовым входным каналом 4 каждого элеватора 5 в системе с помощью соответствующего соединения, содержащего клапан 6 и диафрагму 7. Предпочтительно распределитель 6 установлен в каждом элеваторе для обеспечения, чтобы транспортирующий газ и его фумигант распределялись в зерновой массе таким образом, что образуется равномерный поток газа в каждой зерновой массе. Каждый распределитель 8 может содержать устройство вытяжного отверстия.

Диафрагмы 7 имеют такие размеры, что максимальный перепад давления в системе (когда фумигация зерна в элеваторах прогрессирует) происходит через диафрагму. Как указано выше, система фумигации постоянного состояния устанавливается с требуемым газовым потоком через массу обрабатываемого зерна. Это условие стабильного состояния работы будет нарушаться только в небольшой степени, если дополнительный элеватор (также именуемый "бункером") вводится в систему, или если один из клапанов 6 закрывается, потому, что фумигация не требуется в элеваторе (например, когда элеватор разгружен от зерна). Такое небольшое нарушение может быть легко исправлено путем регулирования положения контрольного клапана 3, так что давление газа в трубопроводе 2 возвращается к своей величине стабильного состояния, после чего система будет снова функционировать требуемым образом. Дополнительно и возможно более важно, что только небольшие изменения в давлении газопитающего трубопровода происходят, если бункер не полностью загружен, или если часть элеваторов зернохранилища содержит разные продукты.

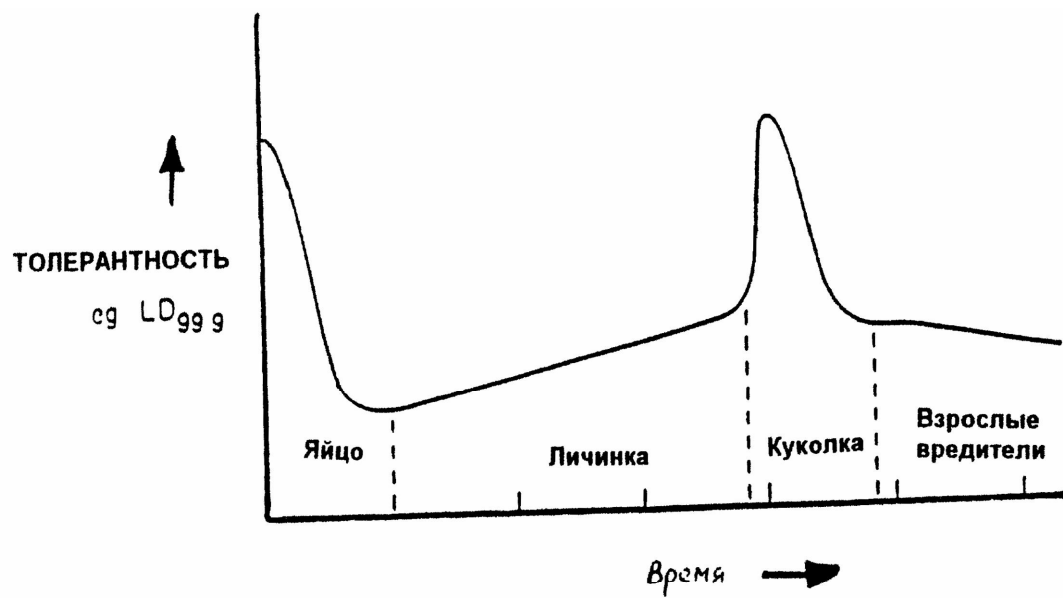
Для использования фосфина в качестве газообразного фумиганта была спроектирована система фумигации для зернохранилища, имеющего восемнадцать элеваторов или бункеров.

Если фосфин является газообразным фумигантом, фосфин может быть получен из баллона со смесью фосфина и углекислого газа под давлением. Однако, как сказано выше в этом описании изобретения, "полевой" генератор является альтернативным источником фосфина, который предпочтительнее в районах, где регулярная поставка газовых баллонов не гарантирована.

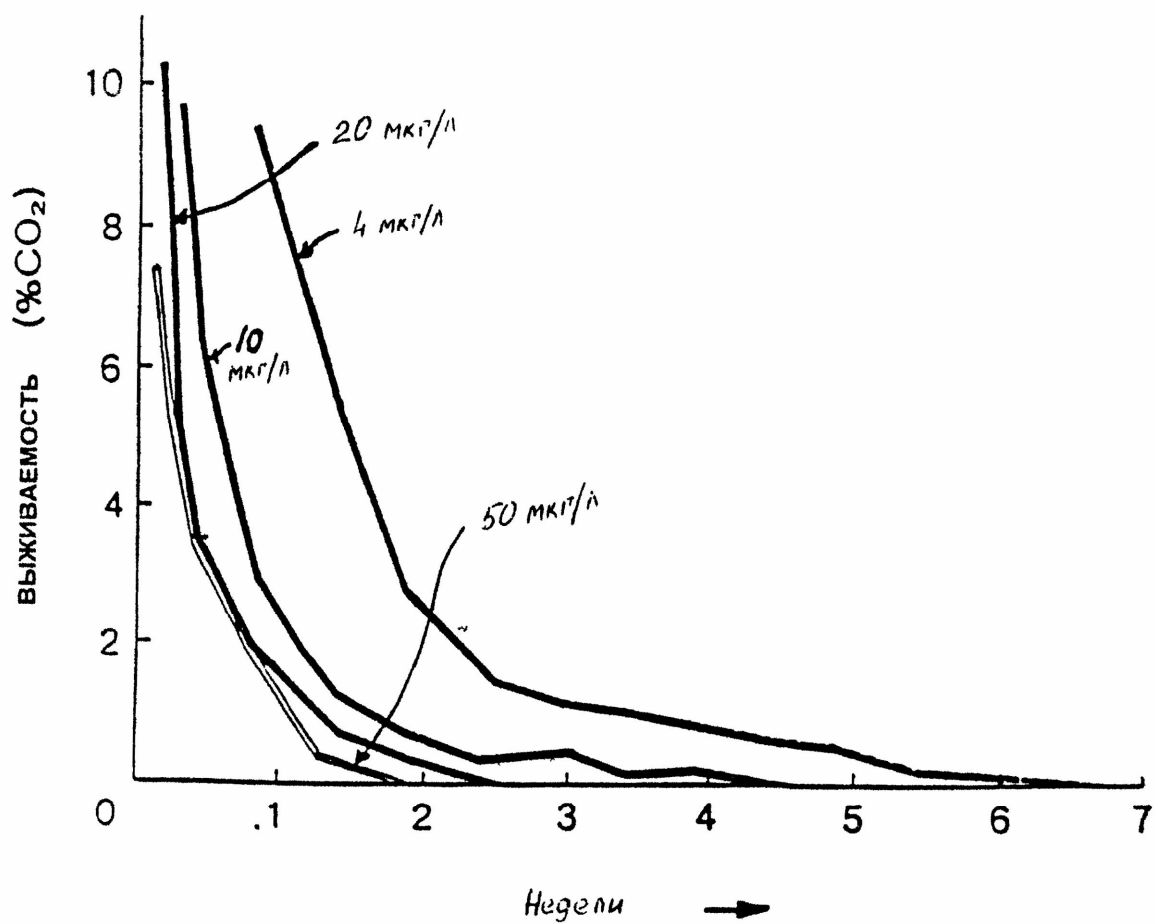
Изменения в устройстве, показанном на фиг.3, возможны. Как уже сказано, контрольный клапан 3 может быть заменен альтернативным средством для управления подачей газа, содержащего фумигант, в трубопровод 7. Например, управление подачей газа может производиться путем изменения скорости вентилятора, который используется для образования источника 1 газовой смеси, или путем использования многочисленных вентиляторов, которые включаются в систему, скорости которых, могут изменяться, если такой вариант требуется.

Другие модификации технического характера могут быть произведены без отклонения от концепции настоящего изобретения.

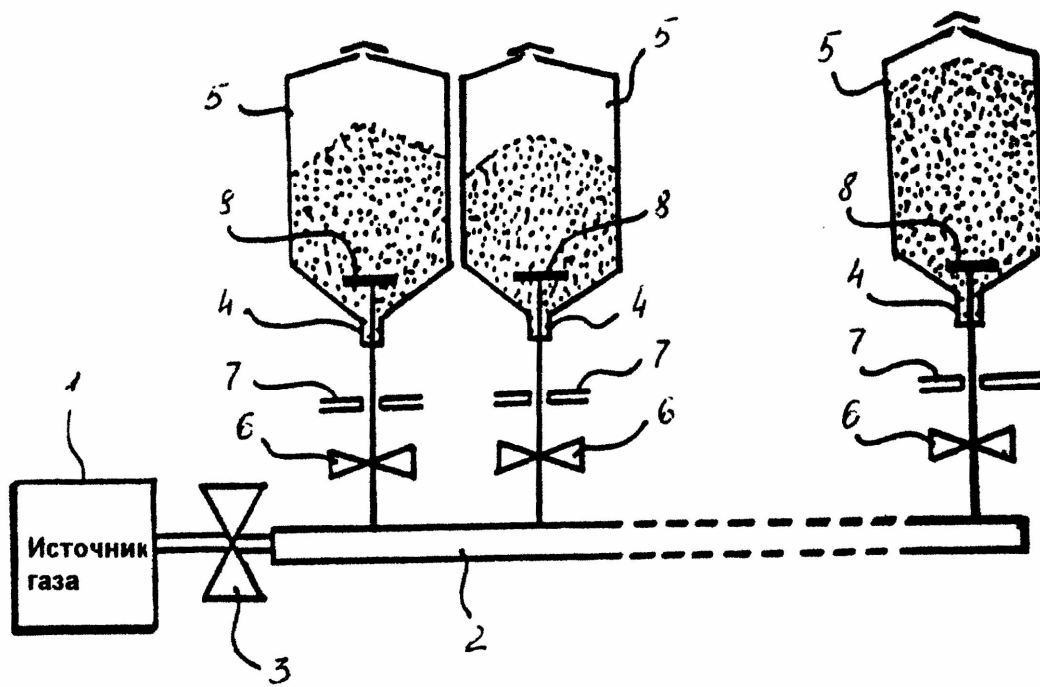
Из вышеприведенного следует, что настоящее изобретение обеспечивает способ фумигации зерна путем поддержания постоянного потока малой скорости фумиганта через зерновую массу, подлежащую фумигации, и при постоянном уровне концентрации фумиганта, который ниже, чем уровни, которые использовались до этого, и новое устройство для фумигации зерна, хранящегося во многоэлеваторных зернохранилищах.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3