

approach to automated synthesis of robotic mechanical assembly technologies are reviewed. The essence of vector-projective, geometrically-power and trajectory-dynamic tasks of TI are described. There are graphically illustrated the complex of causal relationship between the components of TI. The content and sequence of automated calculation of formalize are presented constituents of TI are represented. The content and the sequence of automated calculation of TI are presented in the form of developed formalisms that there are the interconnections between of components of TI of industrial robots' grippers with an objects of manipulation.

Key words: *industrial robot's gripper, technological interaction, robotic mechanical assembly technology, object of manipulation*

УДК 621.3: 636.5

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ИЛИ ЭКОНОМИЧЕСКИ ОПТИМАЛЬНОЕ ОЗОНИРОВАНИЕ ДВИЖУЩИХСЯ СЫПУЧИХ КОРМОВ

***А. В. Дубровин, доктор технических наук
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
электрификации сельского хозяйства» г. Москва, Россия
e-mail: dubrovin1953@mail.ru***

Аннотация. Разработано устройство для озонирования движущихся сыпучих кормов. Производство осуществляется в автоматизированном режиме по технологическому или экономическому критерию.

Ключевые слова: озонирование, сыпучий корм, информационные технологии, автоматизация технологических процессов, эффективность производства, технико-экономический параметр

Экономический критерий управления является общепризнанным. По своему существу он является всеобъемлющим показателем эффективности производства продукции. Его правильное применение требует достаточно точного учёта хотя бы основных общеизвестных его составляющих, наиболее сильно влияющих на результативность конкретного технологического процесса. Однако в практике управления, например, процессом озонного обеззараживания, он до сих пор необоснованно не применяется.

Известны способ и устройство экономичной транспортировки птичьих яиц магистральным транспортом птицефабрики. Устанавливается такое

значение скорости движения ленты транспортера, при котором обеспечивается наименьшая на данный момент времени сумма затрат от расчетной потери стоимости поврежденных при транспортировке яиц и на электроэнергию для электропривода транспортёра [1]. Известно техническое решение энергосберегающего обеззараживания кормов и продуктов животноводства и птицеводства. Имеется информация о требуемых дозах облучения и о массах обеззараживаемых продуктов. Определяется необходимое напряжение питания ускорителя электронов. В зависимости от массы продукта корректируют режим облучения каждого продукта при поступлении его в зону облучения [2]. Известно техническое решение экономически оптимального и энергетически рационального режима обеззараживания кормов и других продуктов пучками быстрых электронов. Автоматически определяется экономический минимум суммы стоимостей потерь обеззараживаемой продукции и эксплуатационных энергетических затрат на облучение и на транспортировку кормов и других продуктов сельского хозяйства. По величине аргумента облучённости искусственно формируют функциональные зависимости экономических затрат $Z_{\text{прод1}}$ от потерь продуктов из-за их заражённости в отсутствие облучённости или при её малых уровнях. Также формируют зависимости экономических затрат $Z_{\text{ост1}}$ от потерь кормов и других продуктов из-за чрезмерно сильного облучения их пучками быстрых электронов, которые взаимодействуют с клеточной структурой биомассы кормов и других продуктов. Первая из этих зависимостей $Z_{\text{прод1}}$ нелинейно убывает с ростом облучённости $P_{\text{обл}}$, начинаясь с определённого (заранее известного по результатам измерений санитарно-гигиенических свойств материалов, поступающих на радиационную стерилизационную обработку) уровня заражённости биоматериала. Вторая зависимость $Z_{\text{ост1}}$ нелинейно возрастает, начинаясь с минимального значения порога облучённости, достаточного для появления первых необратимых изменений в биологических продуктах растительного и животного происхождения. Допустимый уровень затрат на потери продукции из-за таких изменений её качества определяется в конкретных опытных работах. Также формируют аналогичные зависимости экономических затрат на электроэнергию для транспортировки продуктов $Z_{\text{тран1}}$ и для их облучения $Z_{\text{облуч1}}$ от величины облучённости. Третья зависимость $Z_{\text{тран1}}$ есть постоянная величина при постоянной скорости движения рабочего органа транспортёра и при неизменной массе продуктов, изменяющаяся по значению пропорционально скорости движения рабочего органа транспортёра и массе продуктов. Четвёртая зависимость $Z_{\text{облуч1}}$ линейно возрастает с ростом облучённости $P_{\text{обл}}$. Полученные четыре функции затрат складывают в диапазоне изменения искусственно сформированного сигнала облучённости и определяют минимальное значение этой целевой функции (критерия оптимизации по минимуму суммы указанных затрат) $Z_{\Sigma 1} = Z_{\text{прод1}} + Z_{\text{ост1}} + Z_{\text{облуч1}} + Z_{\text{тран1}}$. Производится точное и экономически оптимальное, и при этом энергосберегающее, обеззараживание каждого продукта с его массой [3].

Большие работы по озонированию сельскохозяйственных материалов долгое время проводил известный советский и российский учёный, кандидат технических наук Александр Фёдорович Першин. Он занимался более установлением закономерностей процессов падения концентрации озона в материалах с различными свойствами адгезии и абсорбции. Последний его вклад в по существу фундаментальную аграрную инженерную науку отражен в [4].

Цель исследований – разработка технических решений озонного обеззараживания движущихся сыпучих кормов для автоматизации управления технологическими процессами в птицеводстве по хозяйственному признаку (по экономическому критерию).

Материалы и методика исследований. Используется научно-технический задел, частично отражённый в [5].

Задачей является повышение точности при автоматизированном поиске и достижении технологически оптимального и энергетически рационального режима озонного обеззараживания, определение экономического минимума первой суммы стоимостей потерь продукции животноводства и птицеводства при кормлении поголовья обеззараженными сыпучими кормами из-за их бактериологической и микробной заражённости и затрат из-за потери их качества в результате их чрезмерного обеззараживания. Другой задачей является повышение точности при автоматизированном поиске и достижении экономически оптимального и энергетически рационального режима обеззараживания путём определения экономического минимума второй суммы указанных стоимостей и затрат из-за потери их качества в результате их чрезмерного соединения с озоновыми молекулами (т.е. чрезмерного обеззараживания), а также эксплуатационных энергетических затрат на обеззараживание и на транспортировку кормов, что необходимо для передачи обеззараженных кормов на временное хранение, а не сразу для кормления животных и птицы. Второй режим озонирования максимально экономит энергозатраты на процесс обеззараживания. Также задачей является энергосбережение и повышение точности обеззараживания сыпучих кормов с заранее установленным для них технологическим диапазоном доз озонирования.

В результате для *режима непосредственного кормления* животных и птицы устанавливается такое *технологически* наилучшее количественное сочетание абсолютных значений мощностей озонирования сыпучих кормов, при котором обеспечивается наименьшая на данный момент времени сумма затрат от расчётной потери стоимости потерь продукции животноводства и птицеводства при кормлении поголовья обеззараженными сыпучими кормами из-за их бактериологической и микробной заражённости и затрат из-за потери их качества в результате их чрезмерного озонирования. Для *режима последующего хранения* сыпучих кормов устанавливается такое *экономически* наилучшее значение мощности озонирования сыпучих кормов, при котором обеспечивается наименьшая на данный момент времени сумма затрат от расчётной потери стоимости потерь продукции животноводства и птицеводства при кормлении поголовья обеззараживаемыми сыпучими кормами из-за их

бактериологической и микробной заражённости и затрат из-за потери их качества в результате их чрезмерного озонирования и эксплуатационных энергетических затрат на озонирования и на транспортировку сыпучих кормов.

Результаты исследований. Технический результат достигается способом технологически или экономически оптимального озонирования движущихся сыпучих кормов, включающим в себя применение регулирования мощности озонирования сыпучих кормов на поточном измерителе расхода сыпучих кормов, задание скорости движения, измерение скорости движения и регулирование скорости движения рабочего органа поточного измерителя расхода сыпучих кормов и транспортёрной ленты, при этом измеряют температуру подаваемых на обеззараживание сыпучих кормов и массовый временной расход подаваемых на обеззараживание сыпучих кормов, задают сигналы времени озонирования, наименьшей и наибольшей суммарной технологической мощности озонирования, удельных региональных цен на продукцию животноводства и птицеводства, на сыпучие корма и на электроэнергию, формируют сигнал мощности озонирования, периодически изменяют сформированный сигнал в диапазоне между технологически допустимыми наименьшим и наибольшим заданными значениями этого сигнала, причём вычисляют в зависимости от значения изменяемого сформированного сигнала первую сумму затрат на расчётные потери стоимости продукции при кормлении животных и птицы обеззараженными сыпучими кормами из-за их бактериологической и микробной заражённости и затрат из-за потери их качества в результате их чрезмерного переозонирования, также в зависимости от значения изменяемого сформированного суммарного сигнала, вычисляют вторую сумму затрат на расчётные потери стоимости продукции при кормлении животных и птицы обеззараженными сыпучими кормами из-за их бактериологической и микробной заражённости, затрат из-за потери их качества в результате их чрезмерного переозонирования, затрат на электроэнергию озонирования и для электроприводов рабочего органа поточного измерителя расхода сыпучих кормов и транспортёрной ленты, посредством первого органа выбора вида критерия оптимизации режима сушки выбирают вид критерия оптимизации режима сушки в виде сигнала переключения разрешения прохождения для дальнейших действий первой или второй вычисленной суммы затрат, определяют соответствующий наименьшему значению выбранной суммы затрат сформированный суммарный сигнал озонирования, причём управляют переходом от режима нормативного обеззараживания к режиму технологически или экономически оптимального озонирования движущихся сыпучих кормов.

Для борьбы с вредной микрофлоры применяется, в том числе, ядовитый газ озон. Нагрев материала при обеззараживании озоном не требуется, сама реакция озонирования является экзотермической. Известно, что газ озон поглощается биологическими материалами, вызывая их частичный объёмный нагрев и обеззараживание вредной микрофлоры, в результате чего гибнут поселившиеся на этих материалах биологического происхождения, например, на сыпучих кормах, микробы и бактерии, плесень и грибки и т.п. микрофлора. Для того чтобы наиболее

результативно (эффективно) использовать технологически очень удобный подвод озона к сыпучим кормам для их обеззараживания, следует выполнить новую совокупность действий управления процессом.

Следует сначала искусственно сформировать по величине аргумента мощности озонирования зависимости расчётных будущих затрат от потерь продуктивности животных и птицы из-за их кормления при сильной зараженности сыпучих кормов микрофлорой в отсутствие озонирования. Также необходимо знать зависимости затрат от потерь продуктивности животных и птицы из-за чрезмерно сильного озонирования, когда ядовитый газ озон отравляет биомассу сыпучих кормов. Первая из этих зависимостей нелинейно убывает с ростом мощности озонирования, начинаясь с определенного заранее известного по результатам измерений санитарно-гигиенических свойств материалов, поступающих на озонирование, уровня зараженности биоматериала грибками и прочей микрофлорой. Вторая зависимость нелинейно возрастает, начинаясь с минимального значения порога озонирования, достаточного для появления первых необратимых изменений в биологических продуктах растительного происхождения. Допустимый уровень затрат на расчётные потери продукции животноводства и птицеводства из-за таких изменений свойств сыпучих кормов определяется в конкретных опытных работах. Если кормление животных и птицы необходимо производить сразу после озонирования сыпучих кормов, то важнейшим признаком эффективности кормления обеззараженными кормами является только первая сумма указанных потерь стоимостей продукции, без учёта затрат на энергию озонирования. Эта сумма двух указанных зависимостей есть первая целевая функция оптимизации по технологическому признаку, а её минимум соответствует технологически наилучшей суммарной мощности озонирования для достижения наилучшей продуктивности поголовья при всех прочих равных условиях.

Для учёта энергетики процесса озонирования, что важно для последующего процесса хранения обеззараженных влажных и при этом обсеменённых бактериями сыпучих кормов, следует также сформировать аналогичные дополнительные зависимости затрат на электроэнергию для транспортировки сыпучих кормов и для их озонирования от мощности озонирования. Третья зависимость затрат на транспортировку сыпучих кормов есть постоянная величина при постоянной скорости движения рабочего органа транспортёров и при неизменном массовом расходе сыпучих кормов по времени. Она изменяется пропорционально скорости движения рабочих органов транспортёров и подаче сыпучих кормов. Четвёртая зависимость затрат на электроэнергию для собственно озонирования линейно возрастает с ростом мощности производства озона. Рост энергозатрат на обеззараживание тем больше, чем меньше температура и чем больше относительная влажность подаваемых на озонирование сыпучих кормов.

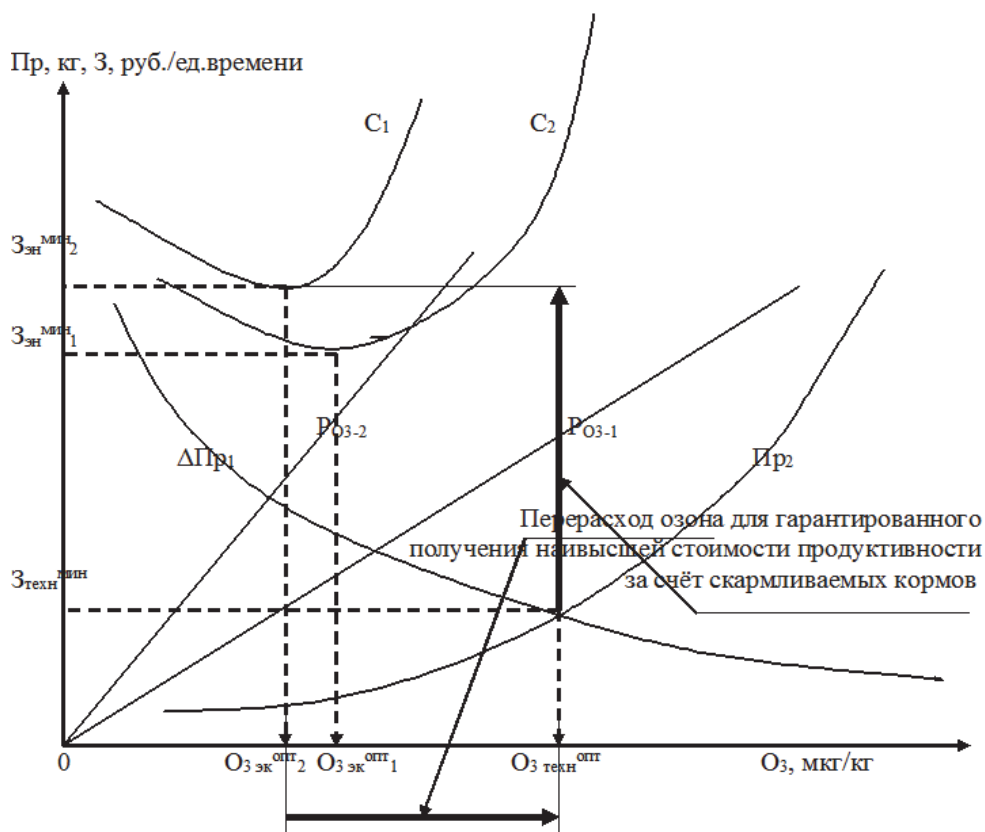


Рис. 1. Иллюстрация технологически или экономически оптимального озонирования движущихся сыпучих кормов

При необходимости экономить энергию на озонирование сыпучих кормов следует полученные четыре функции затрат сложить в диапазоне изменения искусственно сформированного сигнала мощности озонирования и найти минимум этой второй суммы, или второй целевой функции оптимизации по хозяйственному признаку (по экономическому критерию) (рис. 1): Pr – продуктивность (ΔPr – потери продуктивности) животных и птицы при потреблении ими кормов, прошедших озонную обработку, кг, Z – затраты на озонирование, приводящие к снижению потерь продукции животноводства и птицеводства после проведённого озонирования кормов, руб./ед. времени; O_3 – действующая концентрация озона, мкг/кг; $O_{3\text{техн}}^{\text{опт}}$ – технологически наилучшая концентрация озона, при которой обеззараживание кормов данного вида даёт после их скармливания наивысшую продуктивности животных и птицы, мкг/кг; $O_{3\text{эк}}^{\text{опт}}_1$ – экономически наилучший режим озонного обеззараживания с учётом затрат на расходуемый озон при малом расходе озона, мкг/кг; $O_{3\text{эк}}^{\text{опт}}_2$ – экономически наилучший режим озонного обеззараживания с учётом затрат на расходуемый озон при большом расходе озона, мкг/кг; ΔPr_1 – расчётные потери стоимости продуктивности животных и птицы в результате кормления их не обеззараженными кормами с повышенной влажностью, способствующей их дополнительному бактериологическому заражению, руб./ед. времени; ΔPr_2 – расчётные потери стоимости продуктивности поголовья из-за

чрезмерного озонирования, вызывающего явления адсорбции озона на поверхности зёрен злаков и внедрения его в клеточную структуру молекул кормов, руб./ед. времени; P_{O_3-1} – стоимость расхода озона при малой его концентрации, руб./ед. времени; P_{O_3-2} – стоимость расхода озона при большой его концентрации, руб./ед. времени; $Z_{\text{эк}}^{\text{мин}}_1$ – экономически оптимальные затраты на озонное обеззараживание при малой концентрации озона, руб./ед. времени; $Z_{\text{эк}}^{\text{мин}}_2$ – экономически оптимальные затраты на озонное обеззараживание при большой концентрации озона, руб./ед. времени; $C_1 = \Delta\text{Пр}_1 + \Delta\text{Пр}_2 + P_{O_3-1}$ – первая целевая экономическая функция суммарных потерь продуктивности и затрат на озонное обеззараживание кормов при малой концентрации озона, руб./ед. времени; $C_2 = \Delta\text{Пр}_1 + \Delta\text{Пр}_2 + P_{O_3-2}$ – вторая целевая экономическая функция суммарных потерь продуктивности и затрат на озонное обеззараживание при большой концентрации озона, руб./ед. времени.

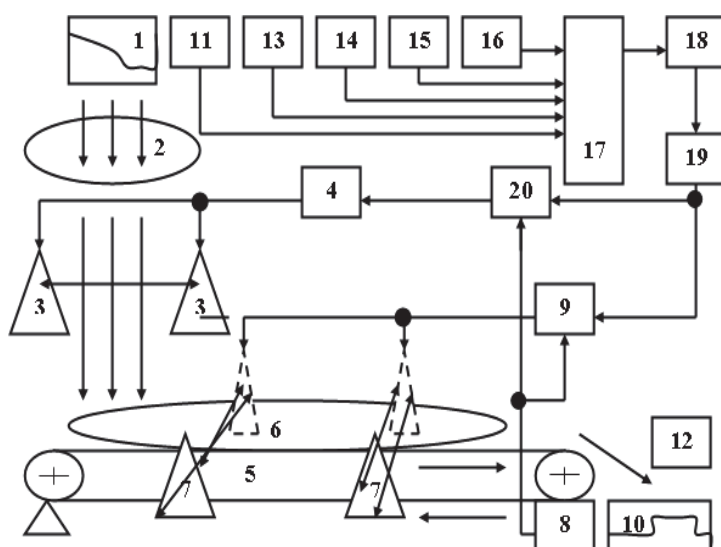


Рис. 2. Функциональная схема устройства технологически или экономически оптимального озонирования движущихся сыпучих кормов

Схема устройства приведена на рис. 2: 1 – входной подающий бункер с обеззараживаемым материалом; 2 – первая зона предварительного озонирования; 3 – первая пара предварительных озонирующих высоковольтных нерегулируемых электродов; 4 – высоковольтный регулируемый источник питания; 5 – поточный по времени и по массе расходомер окончательно обеззараживаемого материала посредством воздействия регулируемого потока озона; индикатор-измеритель скорости движения массы обеззараживаемого материала в расходомере; 6 – обеззараживаемый материал; 7 – вторые пары регулирующих дополнительных высоковольтных озонирующих электродов в потоке обеззараживаемого материала; 8 – измеритель-индикатор расхода обеззараживаемого материала; 9 – высоковольтный регулируемый источник питания; 10 – выходной бункер с обеззараженным материалом посредством двухступенчатого озонирования; 11 – датчик бактериальной обсеменённости подаваемых на озонное обеззараживание

кормов; 12 – датчик бактериальной обсеменённости прошедших озонное обеззараживание кормов; 13 – датчик температуры обеззараживаемых кормов; 14 – датчик температуры окружающего воздуха; 15 – блок задатчиков сигналов, развёрток по времени, региональных удельных цен на продукцию; 16 – датчик относительной влажности обеззараживаемых кормов; 17 – вычислительный блок для формирования целевых функций затрат на озонирование; 18 – блок оптимизации режима озонирования; 19 – задатчик режима озонирования; 20 – управляемый ключ.

Блок 17 вычисляет две целевые функции суммарных затрат в зависимости от мощности озонирования. Первая из них есть функция суммарных потерь стоимости продуктивности животных и птицы из-за микробов и бактерий в сыпучих кормах при малых мощностях озонирования и пережога сыпучих кормов при больших мощностях обеззараживания. Вторая функция отражает суммарные потери стоимости продуктивности животных и птицы и эксплуатационные энергетические затраты на озонирование, на транспортировку и на вентилирование сыпучих кормов в виде их общей суммы. При расчётах учитываются температура поступающих на озонирование сыпучих кормов с помощью датчика 14. Поэтому с изменением этих входных характеристик сыпучих кормов функционально изменяются как зависимости стоимостей потерь продуктивности и эксплуатационных затрат на сушку, так и положения технологически и экономически наилучших режимов обеззараживания по величине концентрации озона в виде сигнала требуемого наилучшего значения концентрации озона на выходе блока 17.

Выводы. Предложенные технические решения имеют ярко выраженные чрезвычайно широкие практические возможности по их применению. Как минимум, в трёх важнейших случаях: когда при наличии избытка электрической энергии и кормов приемлемого качества следует обеззараживать по принятым нормативам; когда энергия также имеется и есть смысл пойти на незначительный её перерасход по сравнению с нормативным энергопотреблением, чтобы получить экстремальный технологический результат; когда энергия в дефиците и приходится её расходовать хозяйственно наилучшим образом, получая при этом корма приемлемого качества. Направляя такие обеззараженные корма на дополнительное хранение, производитель продукции животноводства и птицеводства всегда может выбрать время для технологически оптимального озонирования, т.е. при появившемся избытке электроэнергии пойти на её перерасход, но зато получить наивысшую продуктивности животных и птиц при непосредственном кормлении такими технологически наилучшими обеззараженными кормами. Следовательно, значительно расширяются функциональные возможности практического применения новых технических решений озонного обеззараживания сыпучих кормов и других материалов.

Список литературы

1. Патент 2414396 Российская Федерация. Способ и устройство экономичной транспортировки птичьих яиц магистральным транспортером птицефабрики / Дубровин А.В. и др. – 2011, Бюл. №8.
2. Патент РФ 2521712. Способ и устройство энергосберегающего обеззараживания кормов и продуктов животноводства и птицеводства / Дубровин А.В. и др. – 2014, Бюл. №19.
3. Патент РФ 2533585. Устройство экономичного и энергосберегающего обеззараживания кормов и продуктов животноводства и птицеводства / Дубровин А.В. – 2014, бюл. №11.
4. Першин А.Ф. и др. Определение оптимальной дозы озона при обработке зерновыз материалов // Техника в сельском хозяйстве. – 2014. – №6. – С.9– 11.
5. Дубровин А.В. Основы автоматизированного управления технологическими процессами в птицеводстве по экономическому критерию / А.В. Дубровин. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: ФГБНУ ВИЭСХ, 2014. – 544 с.

ТЕХНОЛОГІЧНО АБО ЕКОНОМІЧНО ОПТИМАЛЬНЕ ОЗОНУВАННЯ РУХОМИХ СИПКИХ КОРМІВ

О.В. Дубровін

Анотація. Розроблено пристрій для озонування рухомих сипких кормів. Виробництво здійснюється в автоматизованому режимі за технологічним або економічним критерієм.

Ключові слова: озонування, сипкий корм, інформаційні технології, автоматизація технологічних процесів, ефективність виробництва, техніко-економічний параметр

TECHNOLOGICALLY OR ECONOMICALLY OPTIMAL OZONATION OF BULK LIVE FEED

A. Dubrovin

Abstract. A device for ozonation moving loose forages are designed. Production is carried out in automatic mode according to technological or economic criteria.

Keywords: ozonation, bulk food, information technology, process automation, efficiency, technical and economic parameters