

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ВНЕСЕНИЯ ЖИДКОГО КОНСЕРВАНТА В СИЛОСОПРОВОД КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Ю.М. Урамовский,

лаборант каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук

П.В. Авраменко,

доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук

В статье представлен алгоритм расчета параметров процесса внесения жидкого консерванта в силосопровод кормоуборочного комбайна, с обоснованием места установки распылительной форсунки.

The article presents the calculating parameters algorithm of the process of liquid preservative application in the forage harvester silage duct, justifying the mounting place of the spraying nozzle.

Введение

Эффективность применения консервантов при заготовке кормов в значительной мере зависит от равномерности их распределения в растительном материале и соблюдения заданной дозы внесения, что предъявляет жесткие требования к технологическим и конструктивным особенностям используемого оборудования [1, 2].

Одной из конструктивных особенностей современных высокопроизводительных кормоуборочных комбайнов являются повышенные скоростные характеристики потоков измельченного растительного материала, движущегося по технологическому тракту со скоростью от 30 до 70 м/с. В таких условиях дозирование жидких консервантов в технологическом тракте известными устройствами не обеспечивает выполнения действующих требований к качеству внесения.

На основе анализа конструкций и технологических схем оборудования и устройств, применяемых для внесения консервантов, предложены и запатентованы внутриобъемный способ внесения жидкого консерванта с контактным способом зарядки (активации) капель при распылении и устройства для его практической реализации к кормоуборочному комбайну КВК-800 [3].

Основная часть

На кормоуборочном комбайне консервант может вноситься в его технологический тракт, состоящий из трех частей: жатвенной, измельчающе-ускоряющей, транспортирующей.

Для того чтобы избежать контакта коррозионно-активных веществ с рабочими органами комбайна, а также выдержать санитарные нормы по концентрации в рабочей области механизатора вредных веществ, входящих в состав консервантов, подача допустима только лишь в транспортирующую часть технологического тракта.

Транспортирующая часть технологического тракта состоит из конфузора, силосопровода и выгрузного козырька.

Конфузор представляет собой сужающийся желоб, где происходит формирование потока. На этом участке динамические и размерно-весовые характеристики потока существенно нестабильны, поэтому в данном месте внесение рабочих растворов нецелесообразно. Пневмокормовой поток в выгрузном козырьке силосопровода также отличается нестабильностью размерно-весовых характеристик и подвержен влиянию погодных-климатических факторов (ветер, атмосферные осадки и т.п.).

Силосопровод в наибольшей степени отвечает всем предъявляемым требованиям и позволяет обеспечить удобный доступ к устройствам внесения и визуальный контроль за процессом впрыска консерванта.

Технологически эффективно размещение распылительной форсунки в нижней открытой части силосопровода. В этом случае нет необходимости внесения изменений в конструкцию выгрузного тракта (силосопровод), обеспечивается удобство обслуживания и ремонта, не требуется разработка и установка системы контроля впрыска.

Для обоснования диапазона установки распылительной форсунки на силосопроводе, при соблюдении вышеуказанных условий разработан алгоритм расчета параметров впрыска консерванта в силосопровод кормоуборочного комбайна, представленный на рисунке 1 а.

На входе алгоритма имеем первичные характеристики процесса впрыска. К ним относят: конструктивные параметры силосопровода (вылет l_c и общая длина силосопровода l_s , его высота h_c ; ширина верхней b_{cm} и высота боковых стенок h_{cm} силосопровода); параметры пневмокормового потока и растительного материала (ширина потока $b_{кп}$, средневзвешенная длина резки l_{cp} измельченного растительного материала, толщина потока $h_{кп}$ по длине силосопровода l_s , плотность растительного материала ρ_m ; параметры консерванта (плотность ρ_k , медианно-массовый диаметр капель d_k); параметры распылительной форсунки (диаметр сопла распылителя d_p , расстояние до проводящего экрана h_s , коэффициент расхода сопла μ , давление впрыска P_k), координата места установки

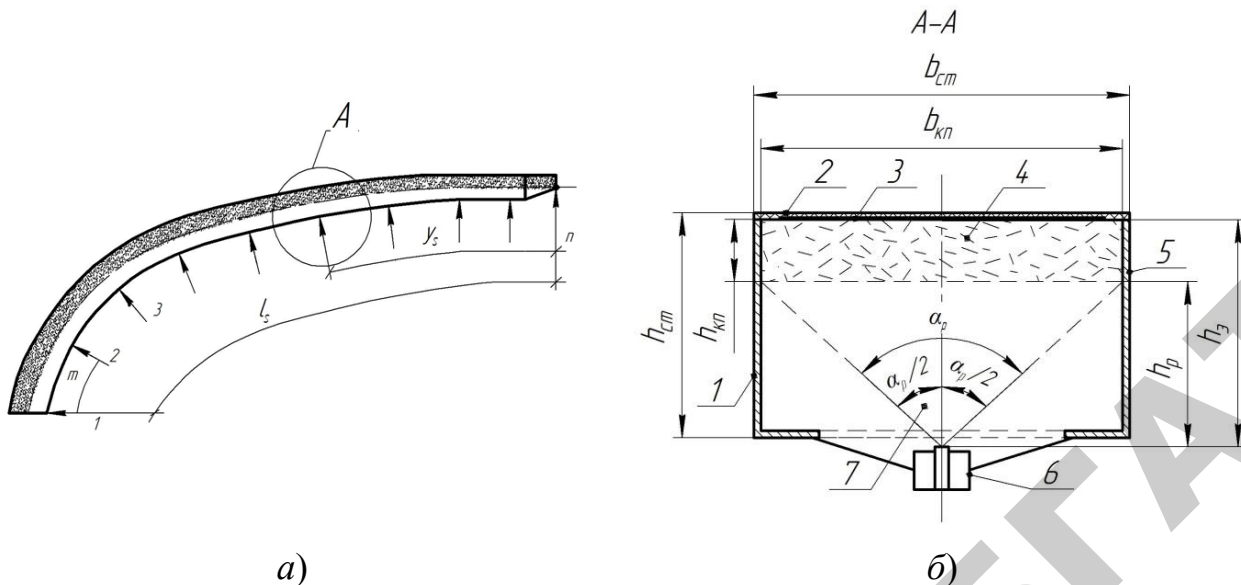


Рисунок 1. Схема для расчета параметров процесса внесения жидкого консерванта:
а) схема силосопровода; б) поперечное сечение силосопровода с установленной распылительной форсункой:
1, 5 – боковые стенки; 2 – верхняя стенка; 3 – диэлектрическая вставка с проводящим экраном; 4 – пневмокормовой поток; 6 – распылительная форсунка с зарядным электродом; 7 – факел консерванта

распылительной форсунки на силосопроводе y_s , напряженность электростатического поля E , электростатическая подвижность капель B_s ; пропускная способность кормоуборочного комбайна Π_k .

Диапазон исследуемых координат мест впрыска определяется по общей длине силосопровода l_s с интервалом (шагом) m_s , который равен 0,1 м (рис. 1 а). Количество проверяемых мест n_s равно отношению общей длины силосопровода l_s к шагу m_s .

Расчет производится согласно алгоритму, представленному на рисунке 2.

1 этап. Определяется массовый расход $G_{кп}$ (кг/с) пневмокормового потока, который принимается равным пропускной способности кормоуборочного комбайна [4].

2 этап. Определяется плотность пневмокормового потока $\rho_{кп}$, как количество растительного материала в единице объема (кг/м³) [4].

3 этап. Определяется пористость пневмокормового потока $m_{кп}$, как отношение плотности пневмокормового потока в единичном объеме $\rho_{кп}$ к плотности растительного материала ρ_m , вычитаемое из единицы [4].

4 этап. Рассчитывается структурный параметр пневмокормового потока $a_{кп}$, который представляет собой минимальное расстояние между частицами в заданном направлении или среднее расстояние между плоскостями, в которых находятся частицы измельченного растительного материала.

Структурный параметр пневмокормового потока $a_{кп}$ в зависимости от его пористости $m_{кп}$ и среднего диаметра частиц $d_{ср}$ определяется по формуле [4]

$$a_{кп} = 0,77 \cdot d_{ср} \cdot (1 - m_{кп})^{-0,5}.$$

5 этап. Рассчитывается напряженность электростатической активации капель консерванта:

$$U_k = E \cdot h_з,$$

где E – напряженность электрического поля (экспериментальное значение), В/м;

$h_з$ – расстояние от распылительной форсунки с зарядным электродом до проводящего экрана, м (рис. 1 б).

Дополнительно определяется угол факела распыла (рис. 1 б) для подбора соответствующего распылителя по табличным данным производителя [5]:

$$\alpha_p = 2 \cdot \arctg \left[\frac{b_{кп}}{2 \cdot h_p} \right],$$

где $b_{кп}$ – ширина пневмокормового потока, м;

h_p – расстояние от форсунки до пневмокормового потока, м (рис. 1 б).

6 этап. При внесении консерванта с электростатической активацией начальная скорость консерванта состоит из инерционной и электростатической составляющей процесса впрыска [4]:

$$v_{к,0} = v_{к,0(u)} + v_{к,0(э)},$$

где $v_{к,0(u)}$ – начальная скорость инерционного впрыска консерванта, м/с;

$v_{к,0(э)}$ – дополнительная скорость заряженных частиц в этом случае определяется только кулоновскими силами, м/с.

Начальная скорость инерционного впрыска консерванта определяется как [4]

$$v_{к,0(u)} = \mu \cdot \sqrt{2 \cdot P_k / \rho_k},$$

где P_k – давление впрыска консерванта, Па;

ρ_k – плотность консерванта, кг/м³;

μ – коэффициент расхода сопла.

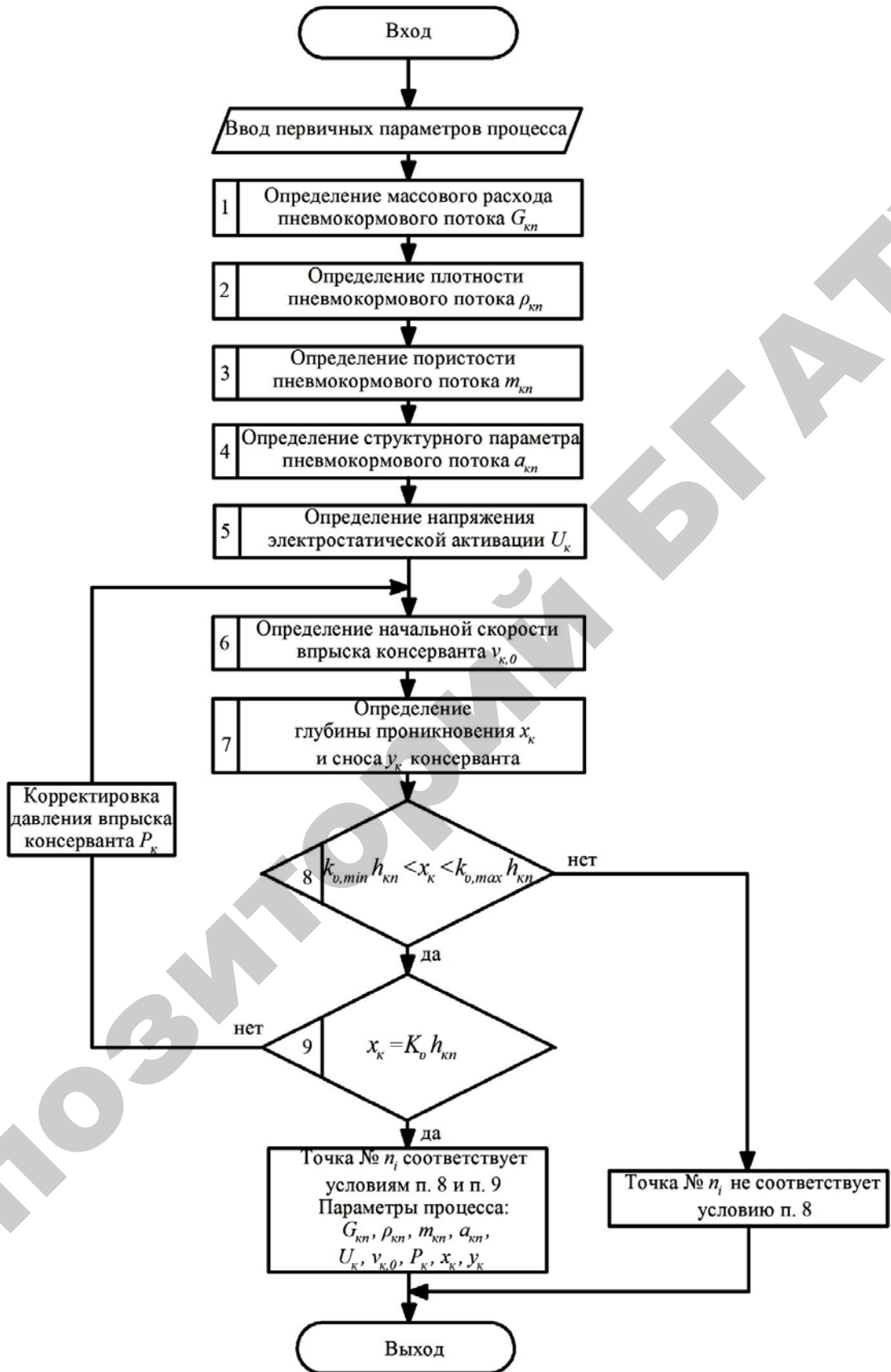


Рисунок 2. Алгоритм расчета параметров процесса внесения консерванта в силосопровод кормоуборочного комбайна

Прирост скорости заряженных частиц в этом случае обусловлен только кулоновскими силами и определяется по выражению [4]:

$$v_{k,0(\varepsilon)} = E \cdot B_{\varepsilon},$$

где B_{ε} – электрическая подвижность капель консерванта, $\text{м}^2/\text{В}\cdot\text{с}$.

7 этап. Определяется глубина проникновения x_k и снос факела консерванта y_k в пневмокормовом потоке согласно математическим моделям, учитывающие дополнительное влияние электростатического поля, а также свойства среды, как в воздушном, так и в пневмокормовом потоках [6], которые реализованы в экспериментальном комплексе программ «*Konservant-Silosoprovod*», созданном в среде *MS Developer Visual Studio (VS) Digital Visual Fortran (DVL) 6.0* и позволяющем рассчитать скорость пневмокормового потока, скорость, координаты движения и другие параметры процесса [6].

8 этап. Согласно алгоритму, на данном этапе необходимо проверить результаты расчета, в частности значение расчетной глубины проникновения консерванта x_k , на соответствие диапазону колебаний толщины пневмокормового потока, где $k_{v,min}$, $k_{v,max}$ являются экспериментальными коэффициентами ($k_{v,min} = 1,3$, $k_{v,max} = 1,7$) [7].

Если условие не соблюдается, рассматриваемое место впрыска не является оптимальным и не подходит для установки распылительной форсунки.

9 этап. На данном этапе, согласно схеме алгоритма расчета, производится проверка выбранных выше точек установки на соответствие условию минимальной неравномерности внесения консерванта, где K_v является экспериментальным коэффициентом, устанавливающим оптимальное соотношение глубины проникновения консерванта x_k к толщине обрабатываемого пневмокормового потока $h_{кл}$, при котором неравномерность внесения v минимальна ($K_v=1,5$) [7].

При расхождении полученных данных с условием п. 9 дополнительно проводится корректировка давления впрыска консерванта P_k .

Проверка на данное условие позволяет выбрать необходимые параметры процесса впрыска.

После расчета из исследуемого диапазона мест впрыска необходимо выбрать одно для установки распылительной форсунки, которое максимально соответствует техническим условиям и обеспечивает простоту технической реализации (наличие открытой части или технологических люков, мест крепления, удобства монтажа и обслуживания).

Расчетным путем установлен диапазон координат расположения распылительной форсунки на силосопроводе кормоуборочного комбайна КВК-800 – $y_s=2,4-2,9$ м, обеспечивающих условие минимальной неравномерности внесения.

Заключение

Разработан алгоритм расчета параметров области внесения консервантов в силосопровод кормоуборочных машин, реализованный в запатентованном про-

граммном комплексе «*Konservant-Silosoprovod*», позволяющем определить кинетические и геометрические параметры процесса впрыска, обеспечивающие нормируемую величину неравномерности внесения.

Расчетным путем установлен диапазон координат расположения распылительной форсунки на силосопроводе кормоуборочного комбайна КВК-800 – $y_s = 2,4-2,9$ м, обеспечивающий условие минимальной неравномерности внесения.

Алгоритм расчета универсален и может использоваться для различных моделей кормоуборочных комбайнов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Покровский, В.С. Разработка параметров технологического процесса обработки силосовой массы и соломы химическими препаратами: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.02 / В.С. Покровский. – М., 1984. – 216 л.
2. Соколов, А.В. Технологические и технические решения сохранности влажного сырья химическими консервантами: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01 / А.В. Соколов; Всероссийский науч.-исслед. ин-т механизации сельского хозяйства (ВИМ). – Москва, 1998. – 56 с.
3. Авраменко, П.В. Исследование процесса внесения консерванта в силосопровод кормоуборочного комбайна / П.В. Авраменко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; под общ. ред. П.П. Казакевича. – Минск, 2013. – Вып. 47. – Т. 2. – С. 27–34.
4. Кузьмицкий, А.В. Обоснование технологических параметров оборудования для внесения жидких консервантов на кормоуборочном комбайне / А.В. Кузьмицкий, П.В. Авраменко // Агропанорама, 2010. – № 5. – С. 11–15.
5. Каталог 50-RU // Спреинг Системс Ко [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: <http://www.teejet.com/russian/home/literature/catalog.aspx>. – Дата доступа: 25.04.2015.
6. Авраменко, П.В. Компьютерное моделирование процесса движения капель консерванта в силосопроводе кормоуборочного комбайна / П.В. Авраменко // Роль непрерывного образования и вузовской подготовки в инновационном развитии АПК: матер. междунар. науч.-практ. конф., Минск, 26–28 января 2012 г. / Белорус. гос. аграрн. техн. ун-т; под ред. Н.В. Казаровца. – Минск, 2012. – С. 130–134.
7. Авраменко, П.В. Исследование и обоснование параметров оборудования для внесения консервантов в кормовую массу / П.В. Авраменко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; под общ. ред. П.П. Казакевича. – Минск, 2013. – Вып. 47. – Т. 2. – С. 53–61.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 18.05.2015