

УДК 636.084

МЕТОДИКА РАСЧЁТА ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА ДЛЯ РАЗДАЧИ ЖИДКИХ КОРМОВ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

Солонщиков П.Н., кандидат технических наук, доцент

E-mail: solon-pavel@yandex.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Вятская государственная сельскохозяйственная академия», г. Киров, Россия

Аннотация

Перемещение по трубам разнообразных кормосмесей с различными физико-механическими свойствами требует точных расчётов, обеспечивающих стабильную эксплуатацию установок для транспортирования и приготовления кормосмесей, с последующей их раздачей. Тем более рационы кормосмесей постоянно изменяются, как и состав смесей. В зависимости от концентрации и требований технологии кормовые смеси перемещаются в диапазоне скоростей от 0,5 до 2,5 м/с, физиологические отходы – от 1,3 до 2,5 м/с, отходы пищевой промышленности – от 0,6 до 2 м/с, молоко – от 1 до 2,5 м/с. Объединенные воедино математические формулы позволяют определить, как можно проектировать установку для раздачи и транспортировки жидких кормов типа заменителя цельного молока (ЗЦМ). Здесь можно регулировать рецептуру смеси, рекомендуемую зоотехническими требованиями, а также размеры трубопровода. Это хорошие исходные данные для выбора установок типа смесителя и насоса.

Ключевые слова: фактор, смеси, концентрация, установки, напор, перемещение, транспортировка, приготовление, гранулометрический состав.

METHODOLOGY FOR CALCULATING PIPELINE TRANSPORT FOR THE LIQUID FEED DISTRIBUTION IN ANIMAL HUSBANDRY

Solonschikov P.N., candidate of technical Sciences, associate Professor

E-mail: solon-pavel@yandex.ru

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Vyatka State Agricultural Academy», Kirov, Russian Federation

Annotation

Moving a variety of feed mixtures with different physical and mechanical properties through pipes requires accurate calculations that ensure stable operation of installations for transportation and preparation of feed mixtures, with their subsequent distribution. Moreover, the rations of feed mixtures are constantly changing, as well as the mixtures composition. Depending on the concentration and technology requirements, feed mixtures move in the speed range from 0,5 to 2,5 m/s,



physiological waste - from 1,3 to 2,5 m/s, food industry waste - from 0,6 to 2 m/s, milk - from 1 to 2,5 m/s. The combined mathematical formulas will allow to determine how to design an installation for the distribution and transportation of liquid feed such as a whole milk replacer (CMR). Here you can set the recipe for the mixture, recommended by zootechnical requirements, as well as the size of the pipeline. At the same time, they will serve as good initial data for the selection of installations such as a mixer and a pump.

Keywords: factor, mixtures, concentration, settings, pressure, movement, transportation, preparation, particle size distribution.

В последние годы в агропромышленном комплексе (АПК) России проводится планомерная работа по интенсификации животноводства, но эта отрасль в своём уровне не достигает максимальных результатов, которые указаны в постановлениях Правительства РФ. По-прежнему серьёзно отстаёт производство кормов, что является одной из главных причин недостаточных темпов развития животноводства. В многих предприятиях, племзаводах и колхозах медленно внедряются современные технологии [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

Основное и важное мероприятие, способствующее развитию животноводства, – это оснащение ферм современными и передовыми средствами механизации доставки и приготовления кормов. Одно из таких средств механизации – трубопроводная система, применение которой позволит быстро перемещать массу кормов к месту раздачи, что наиболее важно при кормлении молодняка животных, которое производят на основе заменителей либо других видов кормов неживотного происхождения. Но при этом есть возможность использования имеющихся систем поения водой для дальнейшей раздачи кормов, что в свою очередь приведёт к универсализации двух процессов.

Одним из главных факторов, обуславливающих конструктивные особенности и надёжную работу установки для приготовления, транспортировки и раздачи кормов, – это знание физических свойств транспортируемых по трубам материалов (веществ).



Кормовые массы по своему гранулометрическому составу могут быть тонкодисперсными (с размерами частиц до 0,5 мм) и грубодисперсными (с размерами частиц от 2 до 7 мм); влажность кормовой массы достигает 75...98 %.

Такой диапазон свойств и разнообразие технологий содержания животных обуславливают многообразие схем гидротранспортных установок и их параметров.

В зависимости от концентрации и требований технологии кормовые смеси перемещаются в диапазоне скоростей от 0,5 до 2,5 м/с, физиологические отходы – от 1,3 до 2,5 м/с, отходы пищевой промышленности – от 0,6 до 2 м/с, молоко – от 1 до 2,5 м/с.

По величине развиваемого напора установки могут быть низконапорными – до $4,9 \cdot 10^5$ Па (5 атм), средненапорными – от $4,9 \cdot 10^5$ Па (5 атм) до $9,81 \cdot 10^5$ Па (10 атм) и высоконапорными – выше $9,81 \cdot 10^5$ Па [8, 9, 10].

В зависимости от гидравлической схемы работы гидротранспортных установок они делятся на простые, не имеющие ответвлений, и сложные, которые могут быть тупиковыми и кольцевыми.

При межоперационных перемещениях внутри ферм также можно применять простые трубопроводы. При гидравлических расчетах простые трубопроводы классифицируют на короткие и длинные. Отнесение трубопровода к разным категориям зависит от длины, наличия и характера имеющихся в нем местных сопротивлений. В трубопроводах, связывающих пищевые заводы с фермами, преобладают потери напора на трение по длине, местные же потери составляют 5...10 % от потерь на трение по длине. В межоперационных трубопроводах небольшой длины местные потери напора того же порядка, что и потери на трение по длине.

Внутрифермские гидротранспортные установки, как правило, сложные. Кормопроводы могут соединять кормоцех с напорными резервуарами, предназначенными для хранения корма на ферме. В таких случаях отбора нет. Это разомкнутые или тупиковые кормопроводы, в которых жидкость из



магистралаи подают в боковые ответвления, и обратно в магистраль она не попадает. При совмещении подачи корма из кормоцеха с раздачей внутри происходит непрерывный отбор в процессе подачи.

При этом применяют тупиковые кормопроводы, в ответвлениях которых идет непрерывный отбор в кольцевые кормопроводы, подающие массу в замкнутую сеть, питаемую от основной магистрали.

В замкнутой сети происходит непрерывный отбор кормов. При промывке (отбора по пути нет) движение идет по кольцу с возвратом промывочной жидкости и остатков корма из кольца в основную магистраль. Магистральный кормопровод может быть переменного сечения с тупиковыми кормопроводами.

Крупность частиц важна для характеристики механических свойств перемещаемых материалов. В зависимости от состава материалы обладают различными по своей природе гидромеханическими свойствами в смеси с жидким компонентом. Существует условная классификация твёрдого компонента гидросмеси в зависимости от гранулометрического состава, определяющего условия гидродинамического воздействия их с потоком, несущим жидкости. Существуют следующие виды [1]:

1) Крупные гидросмеси – размер частиц (кусков) твёрдого материала до 200 мм; к этой группе относят корнеклубнеплоды (картофель, морковь, свекла, а также другие пропашные культуры).

2) Зерновые гидросмеси – размер частиц составляет от 2 до 10 мм; к ним относятся зерновые культуры, витаминизированное зерно и зерновые отходы.

3) Грубодисперсные гидросмеси – размер частиц от 2 до 7 мм; сюда относятся твёрдые компоненты гидросмесей, которую составляют продукты переработки сельскохозяйственных материалов: жом, измельчённые корнеклубнеплоды, отходы производства крупяных заводов.

4) Тонкодисперсные гидросмеси – размер частиц составляет от коллоидных до 0,5 мм; сюда относятся мука, запаренный протертый картофель, патока.



5) Неоднородные гидросмеси – размер частиц составляет от коллоидных до 70 мм.

Применимо к кормлению животных, а именно молодняка, смесь будет относиться к группе неоднородных гидросмесей. Так, в составе этих гидросмесей целый ряд материалов, значительно отличающихся по компонентам и гранулометрическому составу, при этом влияние компонентного состава мельчайших частиц может быть настолько велико, что тонкодисперсные смеси по своим свойствам могут приближаться к структурным жидкостям, а грубодисперсные – к неоднородным смесям.

Характерная особенность движения неоднородных гидросмесей в трубопроводах – перемещение частиц менее 0,5 мм во взвешенном состоянии на всю толщину потока, а кусков более 10 мм, находящихся в пристенной части трубы, происходит прерывным взвешиванием или волочением (протаскивание) по нижней стенке трубы.

Исходя из вышеизложенного, можно сказать, что сельскохозяйственные потоки гидросмесей можно подразделить на взвесенесущие и вязкопластичные. Так, при первом случае твёрдые частицы скапливаются в нижней части трубопровода из-за неравномерного распределения их концентрации по сечению. Эти частицы создают большое сопротивление движению нижних слоёв гидросмеси, в результате здесь движение замедляется, природные скорости уменьшаются. А для вязкопластичных гидросмесей характерны структурные, структурно-ламинарные и ламинарные режимы движения.

Потери напора при транспортировке гидросмесей зависят от материала и диаметра труб, гранулометрического состава, полноты растворения кормосмеси, концентрации, температуры, скорости перемещения.

На практике для кормления молодняка заменителем цельного молока (ЗЦМ) нужно использовать трубы из стекла, нержавеющей стали и пластмассы. Магистральные трубопроводы (кормопроводы) рекомендуется выполнять из труб диаметром 80...100 мм [1], а разводка по помещениям 25...60 мм.



Общие потери напора определяются по формуле:

$$H_{\text{общ}} = h_{\text{л}} + h_{\text{м}}, \quad (1)$$

где $h_{\text{л}}$, $h_{\text{м}}$ – соответственно линейные и местные потери напора, м.

Для определения линейных потерь напора при гидротранспортировке ЗЦМ по трубам удобно использовать следующее выражение:

$$h_{\text{л}} = \beta \cdot A \cdot l \cdot Q^2, \quad (2)$$

где β – поправочный коэффициент, зависящий от скорости движения жидкости;

A – удельное сопротивление трубопровода зависит от материала и диаметра трубопровода, $\text{с}^2 \cdot \text{Па} / \text{м}^7$;

l – длина кормопровода, м;

Q – объемный расход кормосмеси, $\text{м}^3 / \text{с}$.

Наряду с потерями напора по длине возникают местные потери, обусловленные сопротивлениями таких элементов, как запорная арматура, отводы, тройники и другие. При этом удобно использовать так называемую эквивалентную длину l_3 прямой трубы, которая будет учитывать все сопротивления.

С учетом формулы Дарси-Вейсбаха и формулой (2) получим линейные потери по длине с учётом всех местных сопротивлений:

$$h_{\text{л}} = \lambda \cdot \frac{l_3 + l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (3)$$

где λ – коэффициент линейных гидравлических сопротивлений;

l – длина расчётного участка трубы, м;

d – диаметр трубы, м;



v – средняя скорость транспортировки, $v = 0,5 \dots 2$ м/с [1].

Для определения коэффициента λ можно использовать формулу, учитывая, что движение для такой смеси должно быть ламинарным:

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}}, \quad (4)$$

где Re – число Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot d}{\nu}, \quad (5)$$

где ν – кинематическая вязкость, м²/с.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho_c}, \quad (6)$$

где μ – динамическая вязкость, Па·с;

ρ_c – плотность среды, кг/м³.

Плотность среды, в которой происходит перемешивание компонентов, рассчитываются по формуле:

$$\rho_c = 10 \cdot [1,42 \cdot C + (100 - C)], \quad (7)$$

где C – содержание сухих веществ в растворах по рецептуре, для ЗЦМ $C=10$, 11,25 и 12,5 % [1,3].

Динамическую вязкость среды μ , состоящей из каких-либо добавок и воды, определяют в зависимости от вязкости внешней среды μ_v и объемной концентрации.

Для смесей с объемным содержанием динамическая вязкость, мПа·с:



$$\mu = \mu_e \cdot (1 + 4,5 \cdot C), \quad (8)$$

где μ_e – динамическая вязкость воды $\mu_e = 1,002, 0,7978$ и $0,6531$ мПа·с соответственно при температуре воды $t = 20, 30$ и 40°C ;

С учетом этого преобразуем формулу (5) и получим формулу, учитывающую концентрацию вещества в смеси при ее начальной плотности:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot d \cdot \rho_c}{\mu_e \cdot (1 + 4,5 \cdot C)}. \quad (9)$$

Эквивалентную длину определим по формуле:

$$h_m = l_s = k \cdot d; \quad (10)$$

$$k = \frac{\xi}{\lambda}, \quad (11)$$

где ξ – коэффициент местных сопротивлений.

Используя справочные и примерные данные, можно определить потери напора для конкретного типа фермы. Длину трубопроводов можно учитывать с учетом размера помещения.

Литература

1. Грачёва Л. И. Трубопроводный транспорт на животноводческих фермах / Л. И. Грачёва, Н. Н. Шуляк. – Москва : Колос, 1979. – 159 с.
2. Булатов С. Ю. Разработка и совершенствование технологических линий и технических средств приготовления кормов в условиях малых форм



- хозяйствования : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Княгинино, 2018. – 412 с.
3. Механизация и технология животноводства / В. В. Кирсанов, Д. Н. Мурусидзе, В. Ф. Некрашевич [и др.] – Москва : Колос С, 2007. – 584 с.
 4. Михайлов А. С. Повышение эффективности кормления молодняка КРС путем оптимизации параметров и режимов работы установки для приготовления и раздачи жидкого заменителя цельного молока: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Санкт-Петербург, 2011. – 20 с.
 5. Курсовое и дипломное проектирование по механизации животноводства / под редакцией Д. Н. Мурусидзе, В. В. Кирсанова, А. И. Чугунова [и др.]. – Москва : Колос С, 2006. – 296 с.
 6. Мельников С. В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов. – 2-е издание, переработанное и дополненное / С. В. Мельников. – Ленинград : Агропромиздат, Ленинградское отделение, 1985. – 640 с.
 7. Горбунов Р. М. Повышение эффективности функционирования центробежного молочного насоса путём совершенствования рабочих органов и оптимизации параметров : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Киров, 2007. – 20 с.
 8. Мохнаткин В. Г. Гидравлические характеристики и смесительные свойства молочного насоса многоцелевого назначения / В. Г. Мохнаткин, Р. М. Горбунов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006. – № 12. – С. 19-21.
 9. Шулятьев В. Н. Повышение эффективности функционирования нагнетателей-преобразователей технологических линий и технических средств в молочном скотоводстве : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. – Киров, 2004. – 36 с.



10. Обзор устройств и установок для приготовления заменителей цельного молока и анализ их эффективности / В. Г. Мохнаткин, А. С. Филинков, В. Н. Шулятьев, П. Н. Солонщиков // Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики : материалы V Международной научно – практической конференции «Наука – Технология – Ресурсосбережение», посвящённой 60-летию инженерного факультета : сборник научных трудов. – Киров: ФГБОУ ВПО Вятская ГСХА, 2012. – Вып. 13. – С. 101-105.

