

4. Stainless steel farm pickup [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tremcar.com/en/stainless-steel-farm-pickup/>.
5. Романов, А.С. Технология создания сельских дорог / А.С. Романов, А.Н. Шарыпов, Н.Н. Кузнецов // Современное состояние и перспективы развития науки, техники и образования: сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. – 2018. С. 118-120.
6. Ивановская, В.Ю. Территориальные изменения в использовании земель Вологодской области / В.Ю. Ивановская, А.Л. Ивановская // Проблемы рационального использования земельных ресурсов в сельском хозяйстве. – М.: ООО «НИПКЦ Восход-А», 2013. – С. 169-173.

**УДК 631.22.01**

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОЧНОСТНЫХ РАСЧЕТОВ ТРУБЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ТОНКОСТЕННЫХ ОБОЛОЧЕК НА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМАХ**

*Кулак Максим Иванович, студент  
Костюченко Кирилл Константинович, студент  
Колоско Дина Николаевна, науч. рук., к.т.н., доцент  
УО Белорусский ГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь*

***Аннотация:** в статье рассмотрены виды и особенности применения трубчатых цилиндрических конструкций, использование безмоментной теории для расчета толщины стенок цилиндрических емкостей на фермах КРС.*

***Ключевые слова:** животноводческие фермы, трубчатые цилиндрические конструкции, тонкостенные оболочки, безмоментная теория*

Производство молока и говядины является одним из самых рентабельных в животноводческой отрасли агропромышленного комплекса нашей страны. Согласно данным Национального статистического комитета, в Республике Беларусь в 2018 году произведено 7,345млн. тонн молока. Хозяйствами всех категорий за 2018 год реализовано скота и птицы на убой (в живом весе) 1728,7 тыс. тонн. Из общего объема реализации почти 40% приходилось на реализацию птицы, 31,4% – крупного рогатого скота, 28,7% – свиней. Всего в республике насчитывается 1357 сельскохозяйственных организаций по данным на 1 января 2018 года [1].

Фермы по выращиванию и содержанию крупного рогатого скота являются сложными технологическими сооружениями, включающими оборудование для ограничения места пребывания животных, их кормления и поения, доения и удаления отходов жизнедеятельности. В основном перечисленное оборудование представляет собой цилиндрические трубы или

тонкостенные оболочки.

Современное оборудование для ферм способствует снижению трудозатрат, упрощению процессов содержания, кормления скота, увеличению производственных мощностей. Усовершенствование технологического оборудования способствует максимальной автоматизации процессов содержания КРС.

Стойловое оборудование – это комплексы из оцинкованного металла, которые применяются для содержания поголовья животных в соответствии с зоотехническими требованиями (рисунок 1). Применение правильно сконструированного места для содержания отдельного животного обеспечивает должный уровень гигиены в коровниках, положительно влияет на здоровье и репродуктивные функции животных.

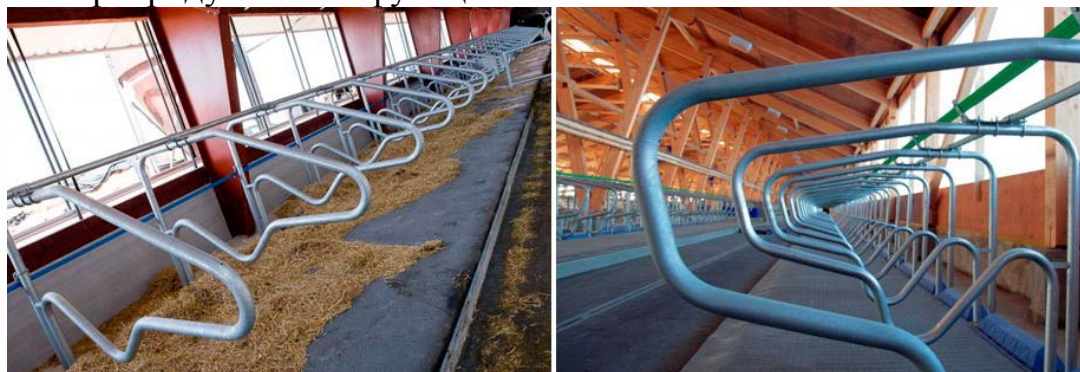


Рис 1. Стойловое оборудование ферм КРС

Внутренние водопроводные сети животноводческих ферм предназначены для непосредственного распределения воды между потребителями внутри зданий. Схема разводки труб и виды водораздаточных приборов, устанавливаемых на водопроводной сети, зависят от технологических операций, на которые расходуется вода. Для бесперебойной подачи воды на производственные нужды внутренние водопроводные сети, как правило, выполняют кольцевыми. Если по условиям производства допускается перерыв в подаче воды, то возможно применение тупиковых водопроводных сетей.

Для устройства внутренних водопроводов в основном применяют стальные оцинкованные водогазопроводные трубы, соединяемые резьбой или сваркой. Водопроводные сети перед сдачей в эксплуатацию испытывают на прочность и герметичность. Испытания проводят под давлением воды, создаваемым в сети гидравлическим прессом.

Наружные водопроводные сети из чугунных, стальных и асбестоцементных труб испытывают дважды: при открытых траншеях и после их засыпки [2].

Применение оцинкованных труб для внутренних водопроводных сетей и стойлового оборудования обусловлено повышенным содержанием аммиака в воздухе внутри помещения даже при наличии современной вен-

тиляционной системы.



Рис. 2. Системы водопоения ферм КРС

Наиболее опасными для целостности трубчатых конструкций являются сечения в Т-образных соединениях, разрушение в которых происходит в продольном направлении (рисунок 3).

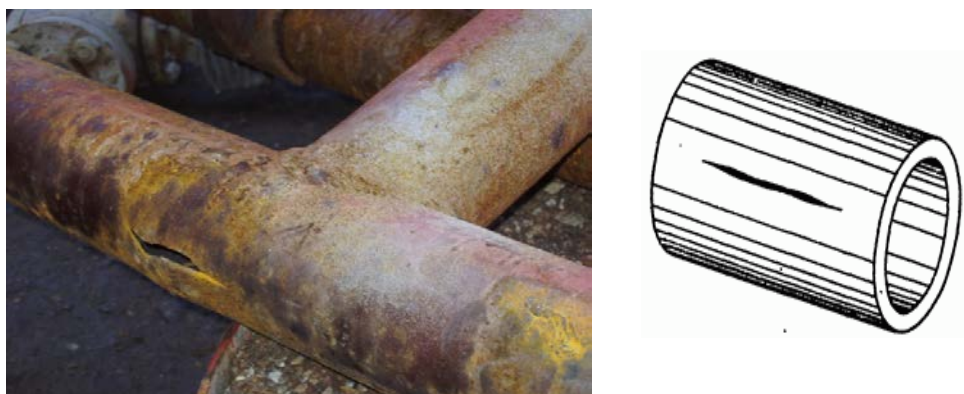


Рис. 3. Разрушение цилиндрических трубчатых конструкций

Молокопроводы должны быстро разбираться и собираться, быть доступными для мойки и чистки. Их изготавливают обычно из нержавеющей стали, меди и алюминия. При этом медные трубы покрывают слоем пищевого олова. Также широкое распространение получают стеклянные и полимерные трубы (рисунок 4). При расчете молокопровода необходимо учитывать тот факт, что при перемещении продукта должна сохраняться неизменность качества продукта [3]. Это достигается правильным выбором режима движения и соответствующими, заданными технологически скоростями движения различных молочных продуктов. С учетом количества перемещаемого продукта рассчитывается требуемый диаметр трубопровода:

$$d = \sqrt{\frac{4M}{3600\pi V}}, \quad (1)$$

где  $M$  – расход продукта м<sup>3</sup>/ч;

$V$  – скорость движения молока по трубопроводу.

При скорости молока в интервале 0,5-1,5 м/с для производительности 25000 л/ч = 25 м<sup>3</sup>/ч диаметр молокопровода должен быть равен примерно 100мм.

Молокопровод монтируется ниже уровня доильных станков по тупиковой схеме с уклоном в сторону молокоприемника не менее 0,4%. Укомплектован специальными кронштейнами для подсоединения молочно-вакуумных клапанов на каждом молочном посту. Молокопровод соединяют с трубопроводом промывки посредством разделителя. Напорный молокопровод комплектуется клапаном слива, который предназначен для слива из молочной системы остатков моющего раствора.



Рис. 4. Варианты труб для молокопроводов

Напорный трубопровод для транспортировки навоза влажностью 76-91% за пределы территории фермы в навозохранилище изготавливается из стальных труб диаметром 300мм и располагается ниже уровня промерзания грунта. Главным достоинством установок такого типа является возможность транспортирования густого подстилочного навоза и подачи его в навозохранилище снизу «под уровень», что предотвращает его промерзание. Значительно улучшается также санитарное состояние ферм или комплексов [4].



Рис. 5. Трубопровод для транспортировки навоза

Тонкостенной называется оболочка, имеющая форму тела вращения, толщина которой мала по сравнению с радиусами кривизны ее поверхно-



сти. В стенках оболочек при действии давления возникают напряжения (рисунок 6):

- $\sigma_r$  - радиальные, действующие вдоль радиуса;
- $\sigma_t$  – тангенциальные;
- $\sigma_m$  – меридиональные, касательные к меридиану.

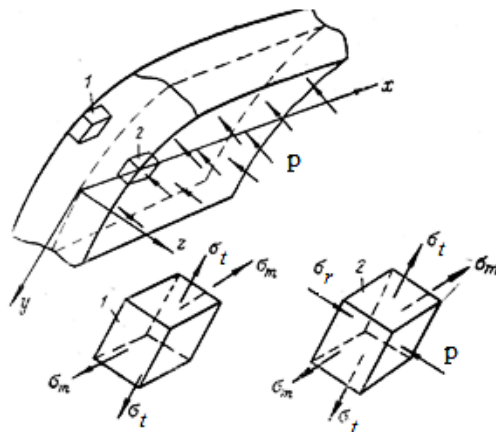


Рис. 6. Напряжения, возникающие в стенках оболочек

В точке 2 на внутренних волокнах действуют все три напряжения  $\sigma_r$ ,  $\sigma_t$  и  $\sigma_m$ , и напряженное состояние будет трехосным, т.е. объемным. В точке 1 на наружных волокнах – действуют только два напряжения  $\sigma_t$  и  $\sigma_m$  и напряженное состояние будет двухосным, т.е. плоским. Распределение напряжений по толщине стенки неравномерное. Чем меньше отношение толщины оболочки  $S$  к ее радиусу  $R$ , тем точнее выполняется предположение о постоянстве напряжений по толщине и тем точнее выполняются расчеты по безмоментной теории. Безмоментная теория принимает допущение, что возникающие в оболочке напряжения постоянны по толщине, и не учитывает влияние моментов на напряженное состояние материала оболочки.

Толщина стенки  $S$  определяется на основании третьей теории прочности наибольших касательных напряжений из условия прочности по этой теории:

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sigma_1 - \sigma_3 \leq [\sigma] \quad (2)$$

где  $\sigma_{\text{ЭКВ}}$  – эквивалентное напряжение, МПа;

$\sigma_1$  и  $\sigma_3$  – главные напряжения, действующие по главным площадкам, на которых касательные напряжения  $\tau$  равны нулю;

$[\sigma]$  – допускаемое напряжение, которое определяется по справочным таблицам в зависимости от материала и расчетной температуры.

Решая уравнение (2), получим формулу для расчета толщины стенки цилиндрической обечайки:

$$S = \frac{P \cdot D_B}{2 \cdot [\sigma] - P} \quad (3)$$

В соответствии с ГОСТ Р 52857. 2 данная формула преобразована, и расчет производится по следующей зависимости [5]:

$$S_R = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{P_{рас}^t \cdot D_E}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_t - P_{рас}^t} \\ \frac{P_{рас}^н \cdot D_E}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{20}^н - P_{рас}^н} \end{array} \right. \quad (4)$$

$$S_{ц} = S_R + c + c_0 \quad (5)$$

где  $S_R$  – расчетная толщина стенки, мм;

$S_{ц}$  – исполнительная толщина стенки цилиндрической обечайки с учетом суммы прибавок;

$P_{рас}^t, P_{рас}^н$  – расчетные давления соответственно в рабочих условиях и при испытаниях;

$[\sigma]_t, [\sigma]_{20}^н$  – допускаемые напряжения соответственно в рабочих условиях и при испытаниях;

$j$  – коэффициент прочности сварного шва.

С учетом коэффициента прочности сварного шва  $j$  и суммы прибавок  $c$  формула в окончательном варианте запишется:

$$S_{учн(ГОСТ)} = \frac{P \cdot D_E}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - P} + c \quad (6)$$

где  $c$  – сумма прибавок на округление толщины стенки до стандартного значения, на коррозию и эрозию, на минусовое отклонение по толщине листа, технологическая прибавка, которая возникает в результате изготовления аппарата.

Примером конструкций, представляющих собой тонкостенные оболочки, на животноводческих фермах являются емкости для хранения молока, водонапорные башни, бункеры для хранения кормов.

### Список литературы

1. Медведева, И.В. Сельское хозяйство Республики Беларусь (Статистический сборник) / И.В. Медведева, Ж.Н. Василевская. – 2018. – 235 с.
2. Костин, Г.Н. Основные технологические схемы водоснабжения животноводческих и других объектов, основное оборудование / Г.Н. Костин. – Киров, 2005. – 216с.
3. Илюхин, В.В. Монтаж, наладка, диагностика, ремонт и сервис оборудования предприятий молочной промышленности / В.В. Илюхин, И.М. Тамбовцев, М.Я. Бурлев. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 500с.
4. Мурусидзе, Д.Н. Курсовое и дипломное проектирование по механизации животноводства / Д.Н. Мурусидзе. – Москва: КолосС, 2005. – 296 с.
5. Пикуль, В.В. Механика оболочек / В.В. Пикуль. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – 535 с.