

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА ТЕЧЕНИЯ ЭКСКРЕМЕНТОВ СВИНЕЙ В САМОТЕЧНОМ КАНАЛЕ

В.С. ИОНИН, инженер

Экскременты свиней являются дисперсной вязкопластической средой из категории неньютоновских жидкостей. Их вязкость не остается постоянной, а зависит от скорости деформации. Течение такой вязкопластической среды подчиняется уравнению Шведова-Бингама [1]:

$$\tau = \tau_0 + \eta \frac{dV}{dr}, \quad (1)$$

где τ - касательное напряжение, Па; τ_0 - предельное касательное напряжение сдвига, Па; η - вязкость дисперсной среды, Па·с.

Условие функционирования самотечного канала по Н.И.Гайдашу [2] записывается в виде равенства величин притока q_n^+ экскрементов в канал и стока q_c^+ из него:

$$q_n^+ + q_c^- = 0. \quad (2)$$

Анализ этого выражения показал его справедливость для ньютоновской жидкости ($\tau_0 = 0$) и частного случая неньютоновской (при постоянстве ее реологических характеристик - $\tau_0 = \text{const}$ и $\eta = \text{const}$). При исследовании работы самотечных каналов В.В.Калюгой [1], К.К.Анисовичем [3] и др. исследователями отмечен нестационарный характер течения экскрементов свиней - их циклическое истечение из канала.

Аналитическим путем при рассмотрении динамики работы самотечного канала с учетом неньютоновского характера экскрементов получено условие его функционирования (стабилизации уровня экскрементов) в виде требования равенства величин и реологических (физико-механических) характеристик притока и стока [5, 6]:

$$\begin{aligned} q_n^+ + q_c^- &= 0; \\ \tau_{0n} &= \tau_{0c}; \\ \eta_n &= \eta_c. \end{aligned} \quad (3)$$

Исследование течения экскрементов свиней в самотечном канале проводили на экспериментальной базе БелНИИЖ "Заречье" Смолевичского района Минской области с целью проверки полученного теоретически выражения условия его функционирования (3). При исследовании использовали метод физического моделирования, а в качестве моделирующей жидкости - экскре-

менты свиней. При определении размеров модели использовали методику А.И.Николаенкова [4], который для определения глубины потока h_{LM} моделирующей жидкости в модели длиной L_m предложил выражение

$$h_{i0} = h_{LM} \sqrt{\frac{L_k}{L_m}}, \quad (4)$$

из которого получил выражение для определения длины модели

$$L_m = \frac{h_{LM}^2}{h_{i0}^2}. \quad (5)$$

Для нахождения ширины модели использовали требование обеспечения ядра при течении навоза в модели. Эксперименты показали [4] что это наблюдается при ширине модели более 0,15 м. Исходя из него выбрали ширину модели канала равную 0,2 м. Приняв $L_k = 30$ м, $h_{i0} = 1,0$ м, $h_{LM} = 0,2$ м и подставив их в (5.) получили длину модели $L_m = 1,2$ м..

Варьируемыми факторами были влажность экскрементов (86-90%) и величина загрузки (0,04, 0,2 и 1,2 кг/мин). Влажность экскрементов определяли по ГОСТу 17197-71 в трех точках по их объему. Вытекающие из модели экскременты собирали в специальные лотки, меняющиеся через заданные отрезки времени. Исследования позволили подтвердить условие (3), объяснить наблюдаемый нестационарный случайный характер течения экскрементов в самотечном канале и зависимость скорости течения и уровня от величины и реологических (физико-механических) характеристик притока и стока.



Полученные результаты (рис.) показали, что в общей картине течения свиного навоза в самотечном канале присутствуют два режима - стационарный и переходной.

(1 - стационарный режим течения: при $q_n^+ = q_c^-$ и $\tau_n = \tau_c$, $\eta_n = \eta_c$; 2 - переходной режим: 2а - фаза накопления экскрементов в канале до нарушения формосохраняемости при $q_n^+ > q_c^-$ и $\tau_{on} \leq \tau_{oc}$; 2б - фаза лавинного выброса экскрементов из канала при $\tau_s \geq \tau_{os}$).

Поступление экскрементов в канал увеличивает их объем и сопровождается ростом касательных напряжений. Превышение последними предельного касательного напряжения сдвига вызывает их течение по всей глубине потока ядром. Из приведенного выше условия функционирования канала следует, что только при равенстве реологических характеристик (или влажности) и величин притока и стока в канале будет поддерживаться стационарный режим течения, характеризуемый небольшими скоростями течения (до $1 \cdot 10^{-6}$ м/с), стока и постоянством уровня и уклона экскрементов. На практике выполнение этих требований затруднительно, поэтому при притоке большем стока продолжается рост их объема, что характеризует наличие переходного режима. Переходной режим включает в себя две фазы: фазу увеличения объема до нарушения формосохраняемости - перехода от устойчивого состояния (стационарного течения или отсутствия стока) к неустойчивому, продолжительность ее зависит от величины притока, и фазу возвращения к устойчивому состоянию (лавинообразного выброса экскрементов из канала, продолжительность этой фазы определяется их влажностью). Переходной режим характеризуется большими значениями стока и скорости течения экскрементов - до 0,8-0,9 м/с при быстром изменении их уклона и уровня. Вклад стационарного и переходного режимов в общую картину выхода навоза из канала зависит от целого ряда факторов. Вклад стационарного режима, значительный при больших значениях притока, уменьшается при его снижении, а при дальнейшем уменьшении притока может вообще отсутствовать.

Обобщая результаты проведенного исследования, можно сделать следующие выводы:

- в общей картине течения экскрементов в самотечном канале одновременно присутствуют два режима - стационарный (характеризуемый небольшой скоростью течения экскрементов, постоянством их уровня и уклона) и переходной (характеризуемый большими значениями скоростей течения и изменением во времени их уклона и уровня);

- стационарный режим течения без наличия переходного возможен только при равенстве реологических характеристик и величин притока и стока, что подтверждает полученное теоретически условие функционирования самотечного канала;

- переходной режим состоит из двух фаз, фазы накопления экскрементов в канале и фазы их лавинообразного выброса из него;

- в общем случае истечение экскрементов из канала неравномерно по величине во времени, их выход из канала может включать как постоянную $q_{Cconst}^{(-)}$ (определяемую вкладом стационарного течения), так и переменную $q_{Cvar}^{(-)}$ (определяемую вкладом переходного режима и состоящую из двух фаз) составляющие. Время между циклическими выбросами экскрементов из канала, определяемое в основном первой фазой переходного режима, находится в функциональной зависимости от величины притока, оно уменьшается при увеличении притока и увеличивается при его уменьшении. Время их выброса из канала, определяемое второй фазой переходного режима, на два и более порядка меньше времени первой фазы и зависит от влажности экскрементов в канале. На натурном канале длительность первой фазы переходного режима составляет от десятка часов до нескольких суток, а второй фазы (лавинообразного сброса) - от нескольких единиц до десятков минут.

Литература

1. Калюга В.В. Экспериментально-теоретическое исследование самотечной системы удаления навоза на свинокомплексах промышленного типа: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01/ ЛСХИ.- Ленинград - Пушкин, 1974.- 24 с.
2. Гайдаш Н.И. К вопросу определения физико-механических свойств жидкого навоза и движения его по лоткам // Вопросы использования и ремонта с.-х. техники: Сб. ст.- Краснодар, 1972.- В. 57 (85).- С. 109-114.
3. Анисович К.К. Исследование течения навоза в самотечных каналах свиноводческого откормочника. Т. 1: Отчет о НИР (промежуточный) лаборатории механизации процессов производства свинины / ЦНИИМЭСХ Н.З. СССР; рук. В.А.Короткевич; Минск, 1974.- С. 127-145.
4. Николаенков А.И., Короткевич В.А. и др. Методика расчета параметров самотечной системы непрерывного действия для уборки навоза из свиноводческих помещений с групповым содержанием животных. - ЦНИИМЭСХ, Минск.-1977.- 16 с.
5. Ионин В.С. Улучшение работы гидравлических систем удаления экскрементов из животноводческих помещений. // Пути повышения эффективности животноводства и качества продукции. Тез. докл. конф.- Минск, 1980.- С. 13-14.
6. Ионин В.С. Автоматическое управление очисткой станков и удалением экскрементов с использованием информации о физиологическом ритме свиней // Агрорепанорама. Минск. - 1999. № 4. - С.6- 9.