Научная статья УДК 631.3:636

doi: 10.28983/asj.y2021i11pp93-97

## Прочностной расчет штанги с ниппельными поилками беспилотного самоходного устройства для поения при напольном содержании птиц

**Георгий Георгиевич Класнер, Владислав Франтишекович Кремянский, Дмитрий Владимирович Володин** Кубанский государственный аграрный университет, г. Краснодар, Россия v.d.v.89.98@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос запаса прочности механизма крепления ниппельных поилок на штанге разрабатываемого устройства для поения птиц при напольном содержании. С учетом конструктивных особенностей представлен прочностной расчет на изгиб трубы, работающей на сложное сопротивление – кручение, растяжение и сжатие.

*Ключевые слова:* ниппельные поилки; изгиб трубы; напольное содержание птиц.

Для цитирования: Класнер Г. Г., Кремянский В. Ф., Володин Д. В. Прочностной расчет штанги с ниппельными поилками беспилотного самоходного устройства для поения при напольном содержании птиц // Аграрный научный журнал. 2021. № 11. С. 93–97. http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i11pp93-97.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

## Strength calculation of a bar with nipple drinkers of an unmanned self-propelled drinking device for birds on the floor

Georgy G. Klasner, Vladislav F. Kremianskiy, Dmitry V. Volodin

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia v.d.v.89.98@mail.ru

**Abstract.** It has been considered the question of strength reserve of the fasteners system mechanism of nipple drinkers on a bar of developing device for the drinking birds on the floor. In view design feature consideration, calculation of a strength bending bar, connection working on a hard resistance – torsion, tension and compression.

Keywords: nipple drinkers; bending of bar; birds on the floor.

*For citation:* Klasner G. G., Kremianskiy V. F., Volodin D. V. Strength calculation of a bar with nipple drinkers of an unmanned self-propelled drinking device for birds on the floor. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2021;(11):93–97. (In Russ.). http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i11pp93-97.

Введение. Промышленное птицеводство - это стремительно развивающаяся отрасль сельскохозяйственного производства, а механизация и автоматизация – это неотъемлемая часть современного птицеводства, его техническая основа. Главной задачей птицеводческих хозяйств является наиболее полное использование биологических возможностей кур и получение высокопродуктивной продукции при наименьших затратах труда и кормов. В птицеводстве применяют следующие способы содержания птицы: клеточный, напольный, вольерный, комбинированный. При выборе того или иного способа содержания учитываются климатические и экономические условия систем ведения и специализации хозяйства. В результате сравнительного анализа и способов содержания кур несушек выявлены очевидные преимущества напольного содержания птицы: отсутствуют затраты на дорогостоящее оборудование, капиталовложения значительно ниже в сравнении с клеточным способом содержания птицы, обслуживающий персонал может свободно перемещаться по всему помещению фермы, а также имеет свободный доступ к птице, наличие активного или пассивного моциона, что в свою очередь способствует сохранению здоровья. И кончено же, высокая биологическая ценность конечного продукта в виде мяса птицы и яиц. Наряду с явными преимуществами напольного содержания птицы следует отметить некоторые недостатки: высокий падеж птицы из-за засоренности стационарных поилок и кормушек, несвоевременная дезинфекция ведет к большему распространению болезнетворных бактерий, в результате стресса, полученного при нахождении человека, в значительной степени снижается продуктивность птицы. Поэтому автоматизация и роботизация основных технологических процессов, необходимых при напольном содержании птицы на сегодняшний день остаются актуальными задачами эффективного ведения сельского хозяйства.

*Методика исследований*. Цель данных исследований – разработка и внедрение беспилотной самоходной, роботизированной системы поения с целью повышения продуктивности производства продукции птицеводства за счет оптимизации процесса поения.

На основании анализа существующих, серийно выпускаемых конструкций и систем для поения птиц при напольном содержании можно заключить, что они имеют ряд недостатков: металло-, энергоемкие, громоздкие, постоянно загрязнены и являются разносчиками инфекций.

Известна система для подачи питьевой жидкости для домашней птицы (рис. 1), содержащая непрерывную линию водопровода и поильные чашки, расположенные на верхней стороне сегмента линии водопровода. Соседние поильные сегменты всегда соединены последовательно посредством промежуточного сегмента линии водопровода, и промежуточный сегмент расположен на более высоком уровне, чем поильный сегмент.

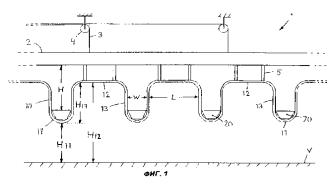
93

АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

**11** 2021







Puc. 1. Система для подачи питьевой жидкости для домашней птицы RU 2275797

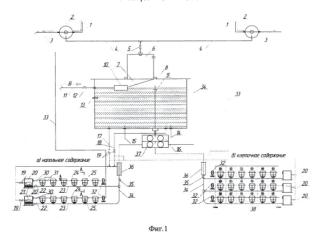


Рис. 2. Система автопоения сельскохозяйственной птицы RU 2649616

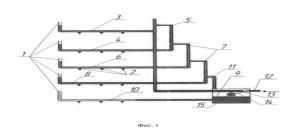


Рис. 3. Многоярусное устройство для поения сельскохозяйственной птицы

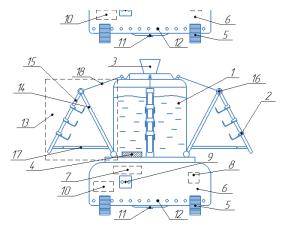


Рис. 4. Беспилотная самоходная система для поения при напольном содержании птиц:1 — резервуар, 2 — ниппельная поилка, 3 — трубка для подачи воды, 4 — датчик уровня воды, 5 — гусеничные шасси, 6 — корпус, 7 — контроллер, 8 — блок управления, 9 — индикаторы уровня воды и состояния системы, 10 — GPS-трекер, 11 — датчик траектории, 12 — датчик приближения, 13 — секция питающей магистрали, 14 — внутренняя часть трубы питающей магистрали, 16 — внешняя часть трубы питающей магистрали, 16 — шарнир, 17 — гидропривод, 18 — трос

Известна система автопоения сельскохозяйственной птицы (рис. 2), которая включает в себя вакуум-провод, соединяющий между собой вентиляционные системы птичника и опорожнитель, питающий трубопровод, соединенный с клапанно-поплавковым устройством бака-накопителя, терморегулятор, электронагревательное устройство электродного типа, магистральный трубопровод, распределительный трубопровод с автопоилками, обратный трубопровод, соединенный с опорожнителем. Система снабжена подсистемой периодической очистки поилок от загрязнений.

Известно многоярусное устройство для поения сельскохозяйственной птицы (рис. 3), состоящее из резервуара для воды, соединенного с трубами с ниппельными поилками, с трубкой для подачи в него воды, датчика уровня воды (см. пат.RU № 176757, МПК A01K39/024) — прототип.

Недостатками данных изобретений являются отсутствие мобильности системы поения (неспособность самостоятельно передвигаться по ферме), несвоевременная подача воды, большое количество обслуживающего персонала, высокая вероятность засоренности ниппеля и из-за присутствия обслуживающего персонала, подверженность птиц стрессу.

Таким образом, нами предложена конструктивно-технологическая схема поилки и подготовлена заявка на изобретение РФ «Беспилотная самоходная система для поения при напольном содержании птицы» (рис. 4).

**Результаты** исследований. Техническим результатом является повышение эффективности и качества поения и снижение трудозатрат.

Беспилотная самоходная система для поения сельскохозяйственной птицы при напольном содержании включает в себя резервуар для воды, соединенный с питающей магистралью, состоящей из труб с ниппельными поилками, трубку для подачи в него воды, датчик уровня воды. На гусеничные шасси установлен коробообразный корпус, внутри которого расположены контроллер и блок управления, соединенные с ним, совмещенные в одном блоке, индикаторы уровня воды в резервуаре и состояния системы, которые вмонтированы в стенку корпуса, GPSтрекер, датчик траектории расположенного под корпусом и датчики приближения, размещенные по периметру корпуса, на котором установлен резервуар для воды, при этом нижняя его часть сообщена с питающей магистралью, выполненной в виде секций расположенных с четырех сторон резервуара. Вода из резервуара подается через шланг, который проходит через внутреннюю часть трубы, в каждой из которых труба выполнена из внутренней и внешней частей соединенных посредством шарнира. На внешней части расположены ниппельные поилки. Для перевода секций из транспортного положения в рабочее и обратно, между внутренней и внешней частей установлен гидропривод. Шарнир соединен с помощью троса с верхней частью резервуара.

Технологический процесс беспилотной самоходной системы поения при напольном содержании птицы заключается в следующем. Устройство имеет гусеничный ход движения, чтобы избежать засоренности и затрудненности прохода, а также создается меньше давления на подстилочный материал по траектории движения. В корпусе размещены блок управления и контроллер, отвечающий за траекторию движения и за перевод устройства из транспортного положения в рабочее и обратно. В блок управления загружается ПО траектории движения

по ферме. Забивается место загрузки воды и рабочая точка непосредственно самого поения. Движение контролируется датчиком траектории, GPS-трекером и блоком управления. Поилка движется в транспортном положении, при достижении места поения контролер от блока управления, отвечающий за верхнюю часть конструкции, приводит в действие секцию с ниппельными поилками за счет гидропривода. Информационный индикатор показывает текущий уровень жидкости в бункере, по мере опустошения бункера блок управления отправляет сигнал к контролеру, который переводит устройство в транспортное положение и поилка перемещается в место заправки водой.

Исходя из конструктивных особенностей ниппельной полки, штанга выполнена из трубки Ø20 мм и толщиной 1 мм. В развернутом рабочем положении представляет собой балку на двух опорах (рис. 5).

$$N_{v} = N \cos \alpha = N \cos 45^{\circ}; \tag{1}$$

$$N_{x} = N \sin \alpha = N \sin 45^{\circ}; \tag{2}$$

$$Q = q 1 + P, (3)$$

где q — распределенная нагрузка от веса воды и металла трубы;

$$N = q \cdot 2 \cdot 1 + P = 6.93 \cdot 2 \cdot 2 + 15 = 42.7$$

где P — предполагаемый вес поилок.

Объем воды  $V_1^{"}$  в трубе:

$$V_1 = \pi R^2 2 l, (4)$$

где R – радиус трубы;

$$V_1 = 3.14 \cdot (10^{-2})^2 \cdot 2 \cdot 2 = 0.125 \text{ m}^3$$

где  $V_2$  – объем металла трубы;

$$A_2 = \frac{\pi \ (D^2 - d^2)}{4},\tag{5}$$

где  $A_2$  – площадь поперечного сечения; D – наружный  $\emptyset$  трубы, D = 20 мм; d – внутренний  $\emptyset$  трубы, d = 18 мм;

$$A_2 = \frac{3.14 \cdot (2^2 - 1.8^2)}{4} = 0.6 \text{ cm}^2 = 0.6 \cdot 10^{-4} \text{m}^2.$$

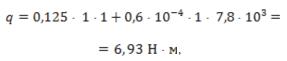
Распределенная нагрузка от веса воды и веса металла трубы:

$$q = V_1 \gamma_1 l + V_2 \gamma_2 l, \tag{6}$$

$$V_2 = A_2 \cdot l = 0.6 \cdot 10^{-4} \cdot 1 = 0.6 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3;$$



Рис. 5. Расчетная схема действующих сил на питающую магистраль: Q – вес на консольной части балки; N – общее усилие в тросе;  $N_{\rm y}$  – вертикальная составляющая;  $N_{\rm x}$  – горизонтальная составляющая;



где  $\gamma_2$  — вес единицы объема металла,  $\gamma_2 = 7.8 \frac{r}{\text{см}^5}$ . Вес, приложенный в центре тяжести консольной части (рис. 6):

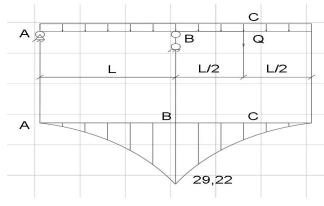


Рис. 6. Расчетная схема изгибающего момента в т. В



где  $W_{\rm x}$  – момент сопротивления:

$$W_{x} = W_{y} = \frac{\pi D^{2} \sigma}{4} = \pi R^{2} \sigma,$$
 (9)

(7)

(8)

где  $\sigma = t = 1$  мм – толщина стенки трубы (рис. 7);

$$W_x = 3.14 \cdot (1)^2 \cdot 0.1 = 0.314 \text{ cm}^2$$
;

$$\sigma_{_{\rm H}} = \frac{29,22}{0.314 \cdot 10^{-6}} = 9,3 \cdot 10^6 \, \text{\Pia} = 9,3 \, \text{Mma}$$

Определим напряжение от сжимающей нагрузки.

На штангу действует продольно-сжимающая сила.

$$N_{\rm x} = N \cdot \sin \alpha = 42.7 \cdot 0.707 = 29.9 \text{ H}^4$$

$$\sigma = \frac{N_{\rm K}}{A}, \tag{10}$$

где A — площадь поперечного сечения.

$$A = \pi \cdot R^2 = 3.14 \cdot (1)^2 = 3.14 \text{ cm}^2$$
;

$$\sigma_c = \frac{29.9}{3.14 \cdot 10^{-4}} = 9.52 \cdot 10^4 \; \Pi a = 0.095 \; M \pi a$$

Это нагрузки и напряжения без учета динамического воздействия: для этого необходимо вычислить коэффициент динамичности:

$$K_{\rm g} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{f_{\rm cr}}},$$
 (11)

где H – высота в момент остановки штанги, принимаем H = 10 мм.

$$f_{\rm cr} = \frac{f_{\rm II}}{1 + \frac{N}{P_3}},\tag{12}$$

где  $f_{_{\Pi}}$  – деформация от поперечной силы (рис. 8).

$$f_{\pi} = \frac{5 \, q \, t^4}{384 \, E \, I}; \tag{13}$$

$$P_{3} = \frac{\pi^{2} E I_{X}}{(\mu l)^{2}}, \tag{14}$$

где  $P_{_{9}}$ –Эйлерова сила;  $I_{_{\rm X}}$ – момент инерции.

$$I_{\rm x} = I_{\rm y} = \pi R^3 \delta = 3.14 \cdot 1^3 \cdot 0.1 = 0.314 \text{ cm}^4$$

где  $\mu$  – коэффициент приведенной длины,  $\mu$  = 1; E – модуль продольной упругости, E =  $2 \cdot 10^5$  Мпа.

$$f_{\pi} = \frac{5 \cdot 0.63 \cdot 10^{2} \cdot 200^{2}}{384 \cdot 2 \cdot 10^{6} \cdot 0.314} = 0.057 \text{ cm} = 0.057 \cdot 10^{-2} \text{ m};$$

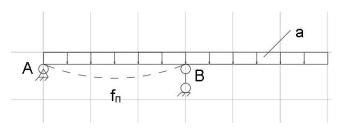


Рис. 8. Расчетная схема деформации от поперечной силы

**11** 2021

 $t = \delta$ 

АГРАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ



Рис. 7. Расчетная схема, показывающая равенство  $\sigma$  и t

$$P_{3} = \frac{(3.14)^{2} \cdot 2 \cdot 10^{6} \cdot 0.314}{(1 \cdot 200)^{2}} = 15.47 \text{ H};$$

$$f_{\rm cr} = \frac{f_{\rm II}}{1 + \frac{N}{P_{\rm a}}} = \frac{0.057}{1 + \frac{42.7}{15.47}} = 0.15 \cdot 10^{2}; \tag{15}$$

$$K_q = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{f_{cr}}}$$
; (16)

$$K_q = \sqrt{1 + \frac{2 \cdot 1}{0,15}} = 4,7$$
.

Суммарное напряжение от воздействия продольно-поперечного изгиба равно:

$$\Sigma \sigma = \sigma^{M} + \sigma^{N} = \frac{N_{\alpha}}{A} + \frac{\mu}{W_{\alpha}};$$

$$\Sigma \sigma = 9.52 \cdot 10^{4} + 9.3 \cdot 10^{6} = 9.395 \cdot 10^{6} \text{ Ha}.$$
(17)

С учетом динамики:

$$\Sigma \sigma_q = \Sigma \sigma_c \cdot K_q = 9.4 \cdot 4.7 = 44.15 \text{ M}$$
Πα; 
$$\Sigma \sigma_q = 44.15 \le [\sigma] = 160 \text{ M}$$
πα.

Прочность конструкции обеспечена.

Заключение. На основании анализа существующих, серийно выпускаемых конструкций и систем для поения птиц при напольном содержании, можно говорить о том, что они имеют ряд неоспоримых минусов: металло-, энергоемкие, громоздкие, постоянно загрязнены и являются первостепенными разносчиками инфекций, с возможностью объединения основных технологических операций.

На основании проведенного патентного поиска конструкций и систем обеспечения птицы водой, нами предложена конструктивно-технологическая схема поилки и подготовлена заявка на изобретение РФ «Беспилотная самоходная система поения при напольном содержании птицы».

Проведенные расчеты запаса прочности изгиба трубы, механизма крепления ниппельных поилок на штанге, работающей на сложное сопротивление – кручение, растяжение и сжатие, подтверждают, что прочность устройства будет обеспечена.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Фролов В. Ю., Сысоев Д. П., Класнер Г. Г Ресурсосберегающая, безотходная технология глубокой переработки сои // Актуальные вопросы ветеринарной и зоотехнической науки и практики. 2015. С. 344–350.
- 2. Класнер Г. Г., Фролов В. Ю., Сысоев Д. П. Аналитические аспекты приготовления высокобелковых кормов // Научный журнал КубГАУ. Режим доступа: http://ej.kubagro.ru/a/viewaut.asp?id=3699.
  - 3. Бутенин Н. В., Лунц Я. Л., Меркин Д. Р. Курс теоретической механики. 11-е изд., стереотип. М., 2009. 736 с.
- 4. Класнер Г. Г., Тумаев Е. Н., Фролов В. Ю., Сысоев Д. П. Теоретическое обоснование процесса приготовления кормов на основе зерна сои // Научное обозрение. 2017. № 5. С. 78–82.

## REFERENCES

- 1. Frolov V. Yu., Sysoev D. P., Klasner G. G. Resource-saving, waste-free technology of deep processing of soybeans. *Actual issues of veterinary and zootechnical science and practice*. 2015: 344–350. (In Russ.).
- 2. Klasner G. G., Frolov V. Yu., Sysoev D. P. Analytical aspects of the preparation of high-protein feed. *Scientific journal of KubSAU*. URL: http://ej.kubagro.ru/a/viewaut.asp?id=3699. (In Russ.).
  - 3. Butenin N. V., Lunts Ya. L., Merkin D. R. Theoretical Mechanics Course. Moscow; 2009: 736 p. (In Russ.).
- 4. Klasner G. G., Tumaev E. N., Frolov V. Yu., Sysoev D. P. Theoretical substantiation of the process of preparing feed based on soybean grain. *Scientific Review*. 2017; 5: 78–82. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 17.07.2021; одобрена после рецензирования 30.07.2021; принята к публикации 09.08.2021. The article was submitted 17.07.2021; approved after reviewing 30.07.2021; accepted for publication 09.08.2021.

**11** 2021

