

МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ АПК

УДК 631.363.7

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАНАТНО-СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА

Петрова Светлана Станиславовна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механика и инженерная графика», ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.

E-mail: ssaariz@mail.ru

Лянденбургский Владимир Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта», ФГБОУ ВПО Пензенский ГУАС.

440014, Пензенская область, г. Пенза, ул. Германа Титова, д. 28.

E-mail: lvv789@yandex.ru

Коновалов Владимир Викторович, д-р техн. наук, проф. кафедры «Теоретическая и прикладная механика», ФГБОУ ВПО Пензенский ГТУ.

440014, Пензенская область, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30.

E-mail: konovalov-penza@rambler.ru

Ключевые слова: конвейер, транспортирование, сыпучие, материалы, корма, производительность.

Цель исследования – снижение энергоемкости транспортирования сыпучих кормов в животноводстве с обоснованием рациональных параметров канатно-скребкового конвейера. Для перемещения и раздачи концентрированных кормов в животноводстве широко используются канатно-скребковые конвейеры с тросошайбовым или цепочно-шайбовым рабочим органом. Учитывая большую тяговую способность троса по сравнению с цепью, первый рабочий орган имеет существенные преимущества. К недостаткам указанных рабочих органов относится истирание шайб и образование пробки материала перед движущейся шайбой. Если первый недостаток можно устранить лишь использованием соответствующих материалов, снижением шероховатости контактирующих поверхностей и т.п. (совершенствованием технологии изготовления), то второй недостаток можно устранить, оптимизируя конструкцию шайбы. Для оптимизации конструкции рабочего органа канатно-скребкового конвейера непрерывного действия внутренним диаметром 50 мм использовалась экспериментальная установка. Дается методика определения производительности конвейера и энергоемкости транспортирования корма. Представлены результаты сравнительных экспериментальных исследований конвейера с тросошайбовым и канатно-чашечным рабочим органом. Приведены выражения, описывающие производительность конвейера и энергоемкость транспортирования в зависимости от конструкции рабочего органа, шага установки скребковых элементов и длины зоны загрузки. Предоставлены графики, описывающие двумерные поверхности отклика производительности устройства и энергоемкости транспортирования. На основе анализа полученных результатов обоснованы параметры конвейера: объем чаши 0,1-0,15 м³, шаг установки скребковых элементов (чаш) 0,1-0,15 м, длина зоны загрузки 0,2 м и скорость рабочего органа 0,6-0,8 м/с.

Для перемещения и раздачи концентрированных кормов в животноводстве широко используются канатно-скребковые конвейеры с тросошайбовым (рис. 1) или цепочно-шайбовым рабочим органом [1, 2, 5]. Учитывая большую тяговую способность троса по сравнению с цепью, первый рабочий орган имеет существенные преимущества.

К недостаткам указанных рабочих органов относится истирание шайб и образование пробки материала перед движущейся шайбой, увеличивающей сопротивление движению рабочего органа [2-5]. Если первый недостаток можно устранить лишь использованием соответствующих материалов, снижением шероховатости контактирующих поверхностей и т.п. (совершенствованием технологии изготовления), то второй недостаток можно устранить, оптимизируя конструкцию шайбы (рис.1, поз. 1), например, заменив ее на чашу (рис. 1, поз. 2).

Для оптимизации конструкции рабочего органа канатно-скребкового конвейера непрерывного действия внутренним диаметром 50 мм использовалась экспериментальная установка, изображенная на рисунке 2 [2].

Цель исследования – снижение энергоемкости транспортирования сыпучих кормов в животноводстве с обоснованием рациональных параметров канатно-скребкового конвейера.

Задачи исследований:

- 1) обосновать рациональные параметры канатно-скребкового конвейера;
- 2) установить производительность устройства и энергоемкости транспортирования концкормов.

Материалы и методы исследований. В процессе проведения экспериментальных исследований осуществлялся замер затрачиваемой мощности P (Вт) на привод измерительным комплектом КИ-505. Производительность Q (кг/с) определялась как масса выгруженного конвейером корма M (кг) за 150 с замера, приходящаяся на одну секунду:

(1)

где M – масса выгруженного конвейером корма, кг; T – время замера, с.

Энергоемкость Y (Дж/(кг·м)) рассчитывалась:

(2)

где P – затрачиваемая мощность привода, Вт; L – длина контура рабочего органа, м.

В процессе экспериментов проводилось несколько серий осуществления замеров. При этом изменялся шаг установки скребков-чаш X_1 (м), внутренний объем полости чаш X_2 (см³) и длины загрузочного отверстия X_3 (м) в бункере. План эксперимента представлен в таблице 1 [6].

Результаты исследований. В результате обработки результатов эксперимента получено линейное уравнение регрессии энергоемкости Y , Дж/(кг·м):

$$Y = 4,849295 - 1,93772 \cdot X_1 - 0,35935 \cdot X_2 + 3,068013 \cdot X_3. \quad (3)$$

Коэффициент корреляции $R=0,95797$, $F\text{-}тест=0,633227$. Наибольшая погрешность (расхождение между расчетными и опытными значениями) $\Delta_{max}=139,1\%$. Данные $F\text{-}теста$ позволяют сделать вывод о неадекватности линейной статистической модели.

Таблица 1

План проведения экспериментальных исследований

Факторы	Код	Уровни варьирования					Интервал варьирования
		+1	+0,5	0	-0,5	-1	
Шаг установки скребков-чаш h , м	X_1	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05
Внутренний объем полости чаш V , см ³	X_2	20	15	10	5	0	5
Длина загрузочного отверстия l , м	X_3	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1

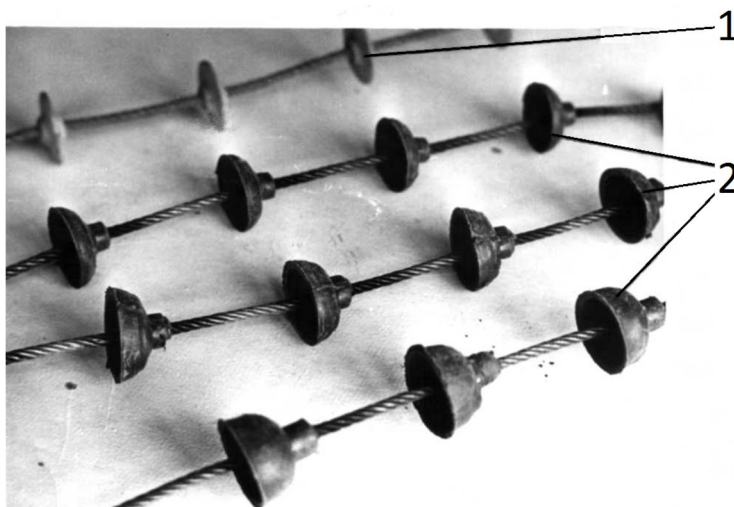


Рис. 1. Рабочие органы канатно-скребкового конвейера:
1 – тросо-шайбовый; 2 – канатно-чашечные с различной глубиной чаши

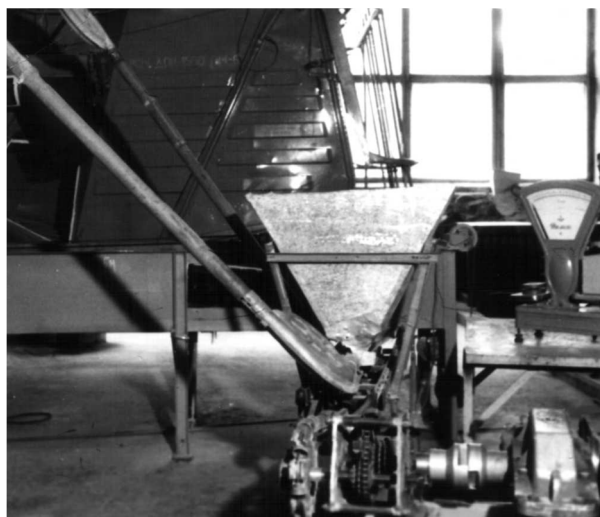


Рис. 2. Экспериментальная установка для исследования рабочего органа конвейера

В результате обработки результатов эксперимента получено уравнение регрессии энергоемкости второго порядка Y , Дж/(кг·м):

$$Y = 4,523183 - 1,93772 \cdot X_1 - 0,35935 \cdot X_2 + 3,068016 \cdot X_3 + \\ + 0,143592 \cdot X_1 \cdot X_2 - 1,22594 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,27821 \cdot X_2 \cdot X_3 + \\ + 0,071715 \cdot X_1^2 + 0,237359 \cdot X_2^2 + 0,8832 \cdot X_3^2. \quad (4)$$

Коэффициент корреляции $R=0,99327$, $F_{\text{теор}}=0,970086$. Наибольшая погрешность $\Delta_{\text{max}}=15,1\%$. Данные F-теста позволяют сделать вывод об адекватности данной статистической модели.

Анализ коэффициентов перед линейными значениями факторов позволяет установить, что наиболее значимо влияние X_3 (+3,068), затем X_1 (-1,93772) и лишь потом X_2 (-0,35935). Знаки перед данными коэффициентами говорят, что X_1 и X_2 уменьшают энергоемкость, а X_3 увеличивает ее значения. Среди квадратичных коэффициентов также наиболее значимо значение X_3 (+0,8832), а также сочетание X_1 и X_3 (-1,22594).

Двумерные поверхности отклика полученного уравнения регрессии представлены на рисунке 3. Выполненный анализ позволяет установить ряд рациональных параметров.

Наименьшие значения энергоемкости на исследуемом интервале значений факторов составляют около 1,5 Дж/(кг·м) и соответствуют величине $X_2=-0,7-0,4$ при $X_1=1$ и $X_3=-1$. Самая малая величина энергоемкости соответствует $X_2=0$. Тем самым, наиболее предпочтительным является объем чаши около 5-14 см³. Шайба или малый объем чаши способствуют образованию клина из материала перед скребковыми элементами конвейера. Рациональный объем чаши позволяет часть материала вместить внутрь ее, уменьшив объем клина перед скребковым элементом либо увеличив его объем за счет внутреннего объема чаши без увеличения сопротивления трения клина. Большой объем чаши ухудшает условия выгрузки материала, способствуя транспортировке частиц на новый круг, снижая тем самым производительность конвейера.

Увеличение длины загрузочного отверстия согласно данной модели способствуют росту энергоемкости. Однако это противоречит полученным цифровым данным. Согласно им увеличение длины загрузочного отверстия вначале интенсивно снижает энергоемкость, а после $X_3=0$ интенсивность снижения уменьшается. Это связано с тем, что вначале сказывается нарушение сводообразования и улучшение условий загрузки межчашечного пространства.

При большой длине загрузочного отверстия под ним успевает образоваться клин уплотненного материала, а также досыпаться дополнительный материал. Это не только повышает производительность конвейера, но и требует дополнительной мощности на привод. Поэтому, с учетом числовых значений экспериментальных данных рациональным является участок около $X_3=0-0,5$. В натуральных величинах данный отрезок соответствует $l = 0,3-0,4$ м.

При этом влияние длины загрузочного отверстия с учетом скорости (рис. 4) соответствует выше описанной зависимости. При скорости $v = 0,4$ м/с энергоемкость почти на 20% меньше чем при 0,8 м/с, однако, производительность почти в 1,5 раза ниже. При длине загрузочного отверстия более $l = 0,3$ м в зависимости от скорости различия энергоемкости менее заметны.

Шаг установки чаш на тросу (рис. 3) желателен минимальный ($h=0,10-0,14$ м) с учетом конструктивных возможностей установки, а также условий загрузки материала и его выгрузки. Поэтому шаг менее 0,1 м нецелесообразен, так как снижает производительность (рис. 5). При этом малый шаг позволяет минимизировать силу сопротивления клина материала перед чашей, т.е. снизить энергоемкость транспортирования.

Результаты замера производительности представлены в виде уравнения регрессии. Производительность конвейера Q (кг/с) определяется по формуле

$$Q = -0,132 + 0,9463414 \cdot v + 3,53929 \cdot h - 16,9776 \cdot h^2 + 1,8621 \cdot v \cdot h, \quad (5)$$

Коэффициент корреляции $R=0,99192$. $F\text{-тест}=0,976222$. Данные $F\text{-теста}$ позволяют сделать вывод об адекватности данной статистической модели.

Наибольшая производительность конвейера наблюдается при шаге $h=0,10-0,15$ м (рис. 5). Влияние скорости движения рабочего органа на производительность прямо пропорционально и близко к линейной зависимости.

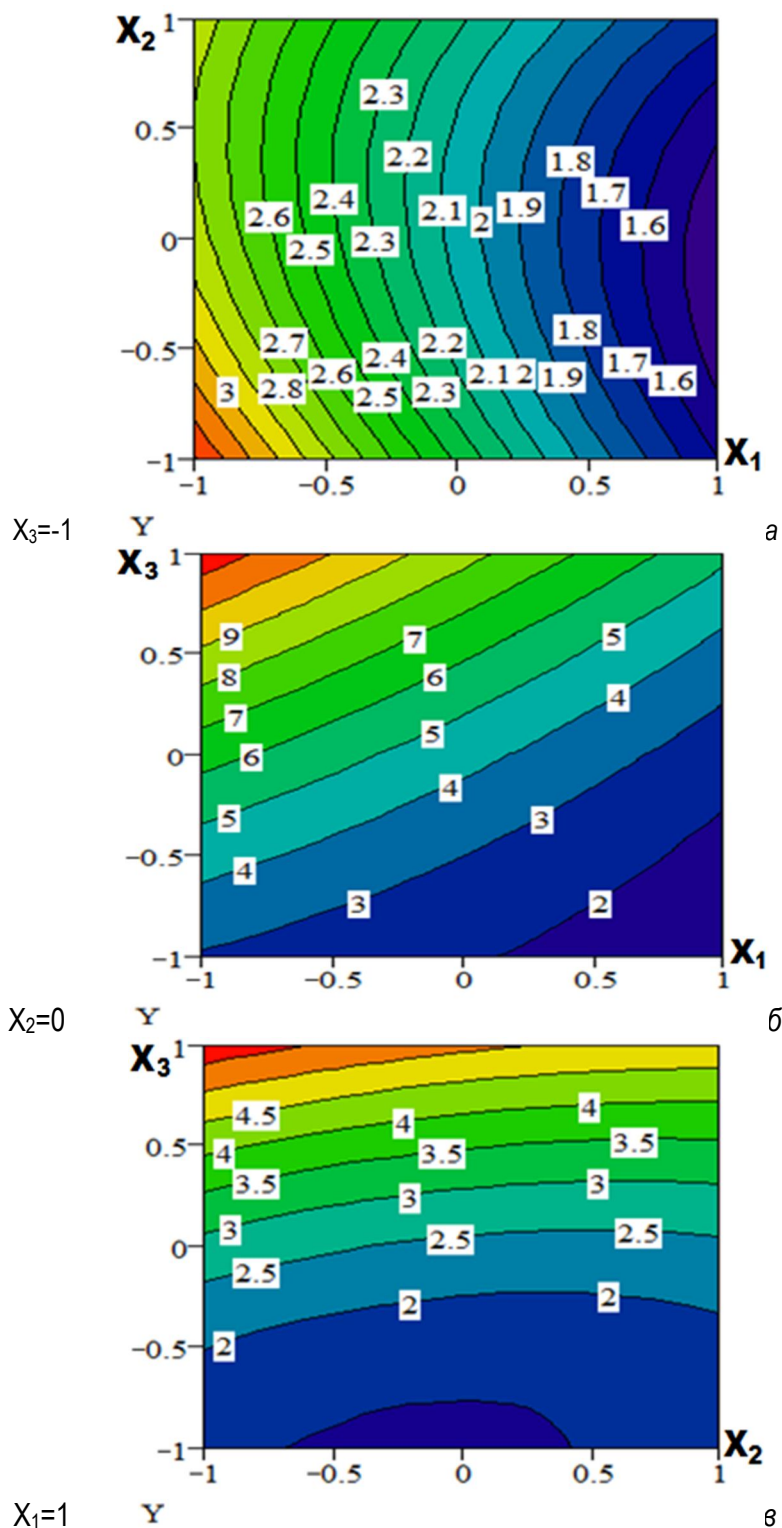


Рис. 3. Двумерное сечение поверхности отклика энергоёмкости Y , Дж/(кг·м), в зависимости от величины кодированных значений факторов:
а – X_1 и X_2 при $X_3=-1$; б – X_1 и X_3 при $X_2=0$; в – X_2 и X_3 при $X_1=1$

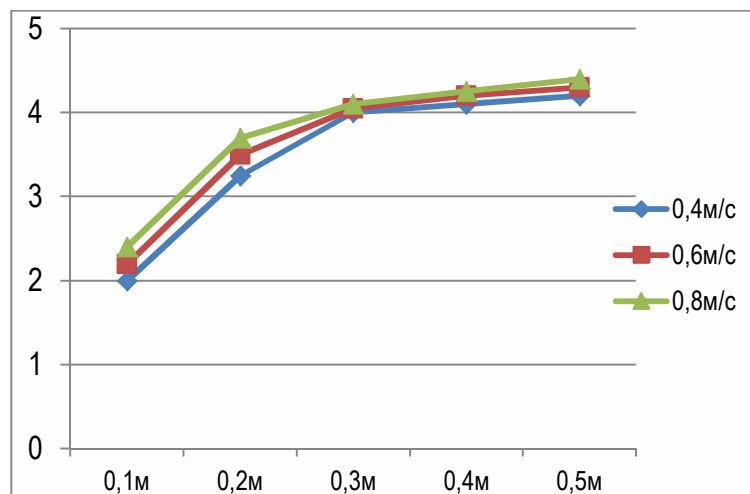


Рис. 4. Влияние длины загрузочного отверстия l (м) на энергоёмкость Y (Дж/(кг·м)) при скорости движения рабочего органа $v = 0,4; 0,6; 0,8$ м/с

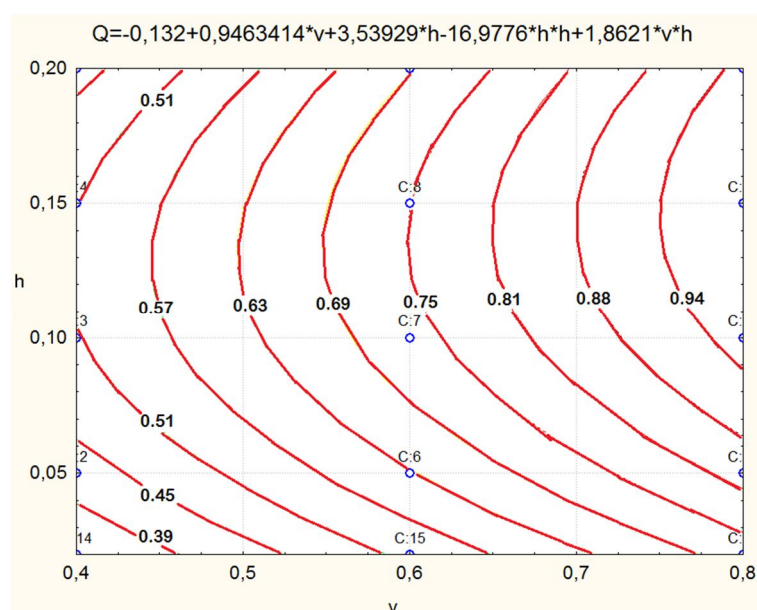


Рис. 5. Влияние скорости движения рабочего органа v (м/с) и шага установки скребковых элементов h (м) на производительность конвейера Q (кг/с)

Заключение. Таким образом, рациональные параметры канатно-скребкового конвейера: объем чаши – около 10 см³; шаг установки скребковых элементов (чаш) – 0,1-0,15 м; длина зоны загрузки – 0,3-0,4 м. При скорости рабочего органа 0,6-0,8 м/с производительность конвейера составляет 0,75-0,95 кг/с при энергоёмкости транспортирования около 4,0-4,2 Дж/(кг·м), что обеспечивает снижение энергоёмкости на 6,5%.

Библиографический список

1. Сыроватка, В. И. Новые технические решения приготовления комбикормов в хозяйствах / В. И. Сыроватка, Н. В. Обухова, А. С. Комарчук // Кормопроизводство. – 2010. – №7. – С. 42-45.
2. Лянденбургский, В. В. Совершенствование канатно-скребкового кормораздатчика для птицы с обоснованием его конструктивно-режимных параметров : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Лянденбургский Владимир Владимирович. – Саратов, 1997. – 164 с.
3. Лянденбургский, В. В. Канатно-скребковый кормораздатчик для птицы / В. В. Лянденбургский, В. Н. Стригин // Птицеводство. – 2002. – №8. – С. 23-26.
4. Лянденбургский, В. В. Совершенствование канатно-скребкового кормораздатчика для птицы / В. В. Лянденбургский, В. Н. Стригин // Механизация и электрификация в сельском хозяйстве. – 2002. – №9. – С. 31-33.
5. Пат. 2042594 Российская Федерация. Скребковый конвейер / Шварев И. П., Мироевский П. Р., Кондратенко А. Н. [и др.]. – № 93003397/03 ; заявл. 19.01.93 ; опубл. 27.08.95. – 2 с.
6. Лянденбургский, В. В. Основы научных исследований / В. В. Лянденбургский, В. В. Коновалов, А. В. Баженов. – Пенза, 2013. – С. 396.