

УДК 631.363.2

UDC 631.363.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТОНКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСО-РЫБНЫХ КОРМОВ**THE RESEARCH OF THE EQUIPMENT OPERATION EFFICIENCY FOR FINE GRINDING OF THE ANIMAL ORIGIN FEEDS**

Гаврилов Тиммо Александрович
аспирант
*Петрозаводский государственный университет,
Республика Карелия, Россия*

Gavrilov Timmo Alexandrovich
postgraduate student
*Petrozavodsk State University, Republic of Karelia,
Russia*

В статье представлены результаты исследования работы оборудования для тонкого измельчения мясо-рыбных кормов, а также показатель эффективности его работы

The article presents the results of the research of the equipment operation for animal origin feeds fine grinding, and also its operation efficiency index

Ключевые слова: ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ МТК-78, ЗВЕРОВОДСТВО, ПОТЕРИ КОРМОВ

Keywords: MEAT GRINDER MTK-78, FUR FARMING, FEED LOSSES

Введение

Эффективность звероводческого производства во многом зависит от четкого и своевременного обеспечения зверей хорошо приготовленными, качественными кормами. В общих издержках производства шкурок пушных зверей затраты на корма и их приготовление составляют 70...75 %. Поэтому проблемы снижения потерь кормов на всех этапах их приготовления, доставки и раздачи весьма актуальны. По данным Б. И. Вагина [2], на пути «холодильник-кормоцех-ферма» в процессе хранения, переработки и транспортировки теряется до 10 % и более мясо-рыбных кормов, часть из них безвозвратно. Основная причина таких потерь – неудовлетворительное качество измельчения.

Известно [8], что в инженерном отношении измельчение кормов является наиболее дорогой и энергоемкой операцией. При этом операция измельчения является обязательной в технологическом процессе приготовления кормов для пушных зверей, так как в результате измельчения корма образуется множество частиц с высокоразвитой поверхностью, что способствует ускорению процессов пищеварения и повышению усвояемости питательных веществ. А это немаловажно вследствие ряда биологических особенностей, присущих для хищных

пушных зверей [9]: ротовая полость обладает малой вместимостью, в результате чего пища почти не пережевывается, а сразу же проглатывается. Вследствие анатомического строения желудка пища в нем не размельчается и не растирается. Кишечник короткий, что обуславливает быстрое прохождение пищи по желудочно-кишечному тракту. Непереваренные остатки съеденного корма появляются в кале. В связи с небольшой длиной и емкостью толстого кишечника и очень слабо развитой слепой кишкой, у хищных не происходит бактериального переваривания пищи. Всеми этими особенностями объясняется плохая усвояемость кормов. В связи с этим к потребляемым зверями кормам и к оборудованию для измельчения кормов предъявляются следующие зоотехнические требования: корма должны быть легкопереваримыми, т. е. в достаточной степени измельченными, крупность частиц готового корма должна удовлетворять максимальной скорости течения биологической реакции, т. е. быть в пределах 3...5 мм; быть всегда свежим, т. е. технологическая линия по переработке кормов должна быть высокопроизводительной, ибо весь корм необходимо переработать в течение не более 2 часов непосредственно после размораживания и как можно быстрее доставить его в клетки зверям.

Таким образом, вышеперечисленные зоотехнические требования являются основой для разработки оборудования для измельчения кормов на зверофермах промышленного типа. Окончательный выбор оборудования производится после их технико-экономической оценки [1].

По классификации Л. А. Филина [14], процесс измельчения мясо-рыбных кормов имеет четыре стадии: предварительное, грубое, тонкое и окончательное измельчение. Каждая из этих стадий осуществляется на определенном виде оборудования, при этом в процессе измельчения происходят потери кормов.

Исследования эффективности работы оборудования для измельчения мясо-рыбных кормов ранее приводились в работах [2, 1, 13, 6, 7] и др. В данных исследованиях осуществляется определение эксплуатационных и качественных показателей работы оборудования для измельчения, на основе которых рассчитывается обобщенный показатель расходования ресурсов – удельная энергоемкость процесса кВт·ч/т:

$$\mathcal{E}_{уд} = E / (m \cdot I) \quad (1),$$

где E – расход электроэнергии на измельчение кормов (кВт·ч), m – количество переработанного корма (т), λ – степень измельчения.

Данный показатель учитывает затраты энергии на измельчение кормов, производительность оборудования и получаемую степень измельчения, но он не учитывает потери кормов в процессе их измельчения, что является существенной проблемой при оценке эффективности работы различного оборудования для измельчения кормов, требующей решения.

Известные исследования, см. выше, направлены в основном на определение потерь энергии при измельчении кормов и поиск возможных путей их снижения за счет оптимизации конструкции рабочих органов и режимов работы оборудования. Сектор потерь кормов и попадания их в отходы в процессе переработки на оборудовании исследован недостаточно, что является важной проблемой ресурсосбережения и охраны окружающей среды.

Решение проблем энергоэффективности, ресурсосбережения и экологии при производстве кормов является одним из важнейших направлений развития современного промышленного звероводства в условиях рыночной экономики и вступления России в ВТО.

Целью исследования, результаты которого отражены в данной статье, является снижение потери кормов в процессе их переработки. Эта цель достигается путем обоснования обобщенного показателя

расходования ресурсов при переработке мясо-рыбных кормов и определения потерь на оборудовании для измельчения в условиях реального производства.

В соответствии с поставленной целью и с учетом теоретических предпосылок были определены следующие задачи:

1) определить потери мясо-рыбных кормов, возникающих в процессе их измельчения;

2) определить основные эксплуатационные и качественные показатели работы оборудования для измельчения кормов в условиях рядовой эксплуатации;

3) обосновать формулу для определения обобщенного показателя расходования ресурсов, включающего общеизвестные показатели эффективности и показатели, учитывающие потери кормов в процессе их обработки;

4) определить значения обобщенного показателя расходования ресурсов для объекта исследования по предложенной формуле.

Материал и методы

Исследования проводились в кормоцехе племенного зверохозяйства ЗАО «Пряжинское», Республика Карелия, пос. Пряжа, в течение 25 рабочих смен с 1 по 30 сентября 2012 года.

В процессе наблюдений за поточно-технологическими линиями кормоцеха, инженерно-техническим составом и рядовыми работниками было замечено, что наибольшие потери мясо-рыбных кормов, в виде клеточного сока, наблюдаются в процессе работы оборудования для тонкого измельчения, которое в данном хозяйстве представляют измельчители (мясорубки) МТК-78 с питающим шнеком.

В качестве исследуемых материалов для обработки в измельчителе МТК-78 использовались мясо-рыбные корма, наиболее полно характеризующие рационы кормления хищных пушных зверей – рыба

минтай, мясо КРС, субпродукты КРС, головы КРС. Плотность мясорыбных кормов при температурах от 270 до 303 К изменяется незначительно и в среднем составляет 1060 кг/м³ [12].

Исследуемые корма электропогрузчиками доставляли из холодильника в кормоцех, где они размораживались. Среднее значение температуры размороженных кормов – 270...272 К. Температуру замеряли с помощью ртутного термометра с ценой деления 0,2 К непосредственно перед измельчением. Измерение температуры производили в центре образца и на расстоянии 0,5...1,0 мм от его поверхности. Усредненное значение показаний термометра принимали за искомую величину [1].

Основные эксплуатационные показатели работы измельчителя МТК - 78 определялись методом хронометражных наблюдений. Положения этой методики приведены в работах [11, 5, 10]. Хронометраж работы измельчителей проводили в течение 25 рабочих смен, а все соответствующие записи вели в наблюдательных листах. В процессе хронометража фиксировались следующие показатели: время работы в секундах (регистрировалось секундомером электронным СТЦ-2М, с точностью 0,01 с); расход электроэнергии в кВт·ч (регистрировался счетчиком электрической энергии Меркурий 236 АТ-03 РQL, с точностью 0,01 кВт·ч); количество переработанного корма в кг (регистрировалось промышленными электронными платформенными весами с 4 датчиками ВСП4-2000А-1212, с точностью 0,5 кг).

Основным качественным показателем работы измельчителей является степень измельчения I , которая определяется как отношение первоначального размера частиц F к размеру частиц после измельчения f , по формуле

$$I = F / f .$$

Размер частиц до измельчения F (м²) задается площадью поперечного сечения загрузочной горловины измельчителя МТК-78. А

размер частиц после измельчения f (m^2) задается площадью поперечного сечения этих частиц. Частицы после измельчения имеют шарообразную форму, поэтому для определения площади поперечного сечения измеряли диаметр этих частиц d по методикам, предложенным Б. В. Гарбарцом [3] и Н. А. Барсовым [1]. Из различных мест измельченного корма брали три пробы, масса одной пробы 1 кг. Взвешивания проводились на лабораторных электронных весах ВК-3000.1, с точностью 0,1 г. Затем эти пробы смешивали. Из полученной смеси снова брали три пробы по 0,2 кг каждая, которые также смешивались. Из этой смеси для опытов брали навеску измельченного корма в количестве 100 г и промывали холодной водой через набор сит с круглыми отверстиями диаметром d_i 10, 7, 5, 3, 2 мм. При этом сита устанавливали в пакет, диаметр отверстий уменьшался сверху вниз. Вода подавалась без напора. Промывка производилась в течение 20 мин. После промывки навески сита устанавливались в наклонном положении на 15 мин, чтобы стекла вода. Затем остатки с каждого сита взвешивали, и полученные результаты массовых долей остатков на ситах p_i в граммах остатков на ситах записывались. Размер частиц измельченного корма определялся по формуле

$$d = \Sigma(d_i \cdot p_i) / 100.$$

В процессе обработки кормов в измельчителе МТК-78 происходит отжим клеточного сока, богатого питательными веществами, т. е. происходит потеря кормов. Определение потери клеточного сока производилось посредством сбора клеточного сока. На выходе из-под выгрузной горловины измельчителя переработанные корма попадают на шнековый транспортер ТШ-3, установленный под 40° к горизонту, который перемещает измельченный корм в смеситель кормов СК-6,5. На участке выгрузки корма из измельчителя на транспортер устанавливался резервуар, в который стекал весь теряемый клеточный сок. Скопившийся в

резервуаре клеточный сок взвешивали на весах ВК-3000.1 и определяли процентное отношение потери кормов dm по формуле

$$dm = (m_{к.с.} / m) \cdot 100\% ,$$

где $m_{к.с.}$ – масса потерь клеточного сока, m – масса корма до измельчения.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты экспериментального исследования работы измельчителя с питающим шнеком МТК-78 были обработаны общеизвестными методами математической статистики [4] и сведены в таблицу 1, где \bar{x} – среднее значение, σ – среднее квадратичное отклонение, V – коэффициент вариации. Для всех исследуемых параметров определялась достоверность t , и для 5% уровня значимости полученная достоверность t оказалась больше табличного значения критерия Стьюдента $t > t_{табл}$, т. е. выборочный параметр достоверен.

Таблица 1 – Показатели работы измельчителя МТК-78

Исследуемый материал	Количество переработанного корма, т	Расход электроэнергии, кВт·ч	Степень измельчения	Потери кормов, %
Минтай:				
\bar{x}	18,5	63,7	8,8	3,1
σ	0,9	5,8	0,5	0,2
V	8,1	14,5	19,4	6,5
Субпродукты КРС:				
\bar{x}	19,8	59,1	8,5	5,1
σ	4,3	7,0	0,5	0,3
V	7,4	13,4	17,9	5,9
Мясо КРС:				
\bar{x}	19,1	61,5	7,8	10,7
σ	2,8	4,3	0,4	1,2
V	10,6	22,6	22,8	11,2
Кости КРС:				
\bar{x}	13,9	109,8	6,6	1,1
σ	1,3	5,2	0,3	0,1
V	14,4	33,7	27,6	9,1

Анализируя величины потерь кормов в виде клеточного сока, приведенные в таблице 1, можно отметить, что наибольшие потери наблюдаются при переработке мяса КРС – 10,7 % и субпродуктов КРС – 5,1 %. Остальные корма – минтай и кости КРС – незначительно подвержены отжиму клеточного сока при их переработке в измельчителе с питающим шнеком МТК-78. Данные результаты согласуются с результатами исследований измельчения мясного сырья на волчке [6]. Из чего можно заключить, что операцию тонкого измельчения таких мясо-рыбных кормов, как мясо и субпродукты, неэффективно проводить на измельчителе с питающим шнеком МТК-78, необходимо использовать измельчители, в конструкции которых отсутствует питающий шнек.

В качестве формулы для определения обобщенного показателя расходования ресурсов, включающего такие общеизвестные показатели эффективности, как потребная мощность, производительность измельчителя и степень измельчения, а также показатель, учитывающий потери кормов в процессе их обработки, предлагается применять следующую формулу:

$$\mathcal{E}_{\text{yo}}^* = (E \cdot dm) / (m \cdot l) \quad (2),$$

где E – расход электроэнергии на измельчение кормов (кВт·ч), m – количество переработанного корма (т), λ – степень измельчения, dm – потери кормов в процессе измельчения (%).

Чем меньше показатель расходования ресурсов, тем эффективнее работает оборудование для измельчения.

Данные таблицы 1 были подставлены в формулы 1 и 2, по которым определялись существующий и предлагаемый показатели расходования ресурсов оборудования для измельчения. Полученные результаты для наглядности были сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Показатели расходования ресурсов оборудования для измельчения

Исследуемый материал	Существующий ($\mathcal{E}_{уд}$), кВт·ч/т	Предлагаемый ($\mathcal{E}_{уд}^*$), кВт·ч·%/т
Минтай	0,39	1,21
Субпродукты КРС	0,35	1,80
Мясо КРС	0,41	4,41
Кости КРС	1,19	1,32

Анализируя данные таблицы 2, можно отметить, что эффективность работы измельчителя с питающим шнеком МТК-78, рассчитанная по существующему показателю, наименьшая при переработке кости КРС, что объясняется наибольшей потребной мощностью для переработки данного материала, для остальных же кормов эффективность приблизительно на одном уровне. При использовании существующего показателя абсолютно не учитываются потери кормов в процессе их переработки, что не позволяет проводить достоверного сравнения эффективности работы различного оборудования для измельчения, а также эффективности измельчения различных кормов.

Эффективность же, рассчитанная по предлагаемому показателю, наименьшая при переработке мяса КРС, вследствие значительных потерь корма в виде клеточного сока. Причем мясо КРС обладает наибольшей питательной ценностью, а также является наиболее дорогостоящим в рационах кормления хищных пушных зверей. Остальные корма имеют приблизительно равную эффективность.

Выводы

1. Определены потери мясо-рыбных кормов, происходящие в процессе их переработки измельчителем с питающим шнеком МТК-78; наибольшие потери наблюдаются при переработке мяса – 10,7 %, а также субпродуктов КРС – 5,1 % от общей массы переработанных кормов.

2. Определены основные эксплуатационные и качественные показатели работы измельчителя с питающим шнеком МТК-78 в условиях рядовой эксплуатации.

3. Предложена формула для определения обобщенного показателя расходования ресурсов, включающего общеизвестные показатели эффективности и показатели, учитывающие потери кормов в процессе их обработки

$$\mathcal{E}_{\text{гд}}^* = (E \cdot dm) / (m \cdot I).$$

Предложенная формула позволяет оценивать эффективность как различных измельчителей, так и измельчения различных видов кормов.

4. Определены значения обобщенного показателя эффективности для измельчителя с питающим шнеком МТК-78 по предложенной формуле, наименьшая эффективность наблюдается при переработке мяса КРС – 4,47 кВт·ч·%/т.

Список литературы

1. Барсов Н. А. Ресурсосберегающие технологические процессы и технические средства переработки мясо-костных кормов в звероводстве: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Ленинград–Пушкин, 1992. 20 с.
2. Вагин Б. И. Энергосберегающие и малоотходные технологические процессы и технические средства приготовления, доставки и раздачи кормов в звероводстве: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Ленинград–Пушкин, 1988. 36 с.
3. Гарбарец Б. В. Исследование процесса измельчения кормов животного происхождения: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Ленинград–Пушкин, 1970. 18 с.
4. Гмурман В. Е. Теория вероятности и математическая статистика. М.: Высшая школа, 1977. 479 с.
5. Игитов А. М. Разработка и исследование методов и средств эффективной эксплуатации поточных линий приготовления жидких кормов на свинокомплексах (на примере комбината «Новый свет Ленинградской области»): Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Ленинград–Пушкин, 1977. 18 с.
6. Кузьмин В. В. Совершенствование процесса резания мясного сырья на основе математического моделирования формы режущих инструментов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / Санкт-Петербург. 2008. 16 с.
7. Малинов. Г. И., Кондрашов В. Ф., Гаврилов Т. А. Определение углов скольжения лезвия в процессе опорного резания // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки, 2012. № 129. С. 40–42.

8. Мельников С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. Л.: Колос, 1978. 560 с.
9. Научные основы звероводства: монография / под ред. В. А. Берестова. Л.: Наука, 1985. 477 с.
10. Нуртаев Ш. Н. Обоснование технологии и исследование работы поточных линий приготовления кормов на звероводческих фермах: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Ленинград–Пушкин, 1971. 16 с.
11. Обоснование системы машин для механизации звероводческих ферм и комплексов по производству пушнины на промышленной основе на 1981-1985 гг. (III-ий этап): отчет о НИР (промежуточный): 04-06 / Ленинградский сельскохозяйственный институт; рук. Вагин Б. И.; исполн.: Барсов Н. А. [и др.]. Л., 1978. С. 95–101.
12. Обоснование системы машин для механизации звероводческих ферм и комплексов по производству пушнины на промышленной основе на 1981-1985 гг. и уточнение направления механизации звероводства на 1985-1990 гг. (I-ый этап): отчет о НИР (промежуточный): 04-06 / Ленинградский сельскохозяйственный институт; рук. Вагин Б. И.; исполн.: Голубев А. Д. [и др.]. Л., 1976. С. 119–122.
13. Рыжук А. М. Обоснование параметров измельчителя мясо-рыбных кормов для звероводства: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Ленинград–Пушкин, 1984. 16 с.
14. Филин Л. А. Разработка классификации измельчителей животных кормов // Записки ЛСХИ, 1971. Т. 174. Вып. 2. Ч. 1. С. 124–129.