

Н. И. Стрикунов, М. Е. Микитюк, Н. М. Чуклин. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 49 (339). – С. 37-39.

5. Леканов, С. В. Техника и технологии для послеуборочной обработки зерна и семян: рекомендации / С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов. – Барнаул: Изд-во Алт. ИПК АПК, 2019. – 74 с. – Текст: непосредственный.

6. Фоминых, С. О. Особенности использования мобильных средств очистки зерна / С. О. Фоминых. – Текст: непосредственный // Знания молодых – будущее России: материалы XVII Международной студенческой научной конференции. – 2019. – С. 277-279.

7. Шестаев, А. В. Мобильные технологии послеуборочной обработки зерна и семян / А. В. Шестаев, С. В. Леканов, Н. И. Стрикунов. – Текст: непосредственный // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета: сборник научных трудов. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2016. – № 2. – С. 34-36.

8. Kazakbaev, S. Z., Karymsakov, N. S., Karabayev, N., Shevtsov, A. (2019). The grain thrower-classifier for grain processing. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 05 (73), 86-90. DOI: <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2019.05.73.16>.

#### References

1. Zherdev M.N. Peredvizhnye zernoochistitelnye komplekсы // M.N. Zherdev, A.N. Golovkov // Selskii mekhanizator. – 2017. – No. 8. – S. 26-29.

2. Ivanov, N.M. Mobilnaia tekhnika i tekhnologii dlia posleuborochnoi obrabotki zerna i semian. Mo-

bilnye zernoochistitelnye mashiny: uchebnoe posobie / N.M. Ivanov, S.V. Lekanov, N.I. Strikunov // RASKhN. Sib. Otd-nie. SibIME; nauchn. red. N.M. Ivanov. – Novosibirsk, 2013. – 326 s.

3. Karimov Kh.Kh. Chistoe zerno – delo tekhniki «Kuzembetevskogo RMZ» / Kh.Kh. Karimov // Agrarnye izvestiia. – 2014. – S. 90.

4. Lekanov, S.V. Ochistka zerna samopredvizhnymi zernoochistitelnymi mashinami / S.V. Lekanov, N.I. Strikunov, M.E. Mikitiuk, N.M. Chuklin // Molodoi uchenyi. – 2020. – No. 49 (339). – S. 37-39.

5. Lekanov S.V. Tekhnika i tekhnologii dlia posleuborochnoi obrabotki zerna i semian: rekomendatsii / S.V. Lekanov, N.I. Strikunov. – Barnaul: Izd-vo Alt. IPK APK, 2019. – 74 s.

6. Fominykh S.O. Osobennosti ispolzovaniia mobilnykh sredstv ochistki zerna / S.O. Fominykh // Znaniia molodykh – budushchee Rossii materialy XVII mezhdunarodnoi studencheskoi nauchnoi konferentsii. – 2019. – S. 277-279.

7. Shestaev, A.V. Mobilnye tekhnologii posleuborochnoi obrabotki zerna i semian / A.V. Shestaev, S.V. Lekanov, N.I. Strikunov // Vestnik molodezhnoi nauki Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta: sbornik nauchnykh trudov. – Barnaul: RIO Altaiskogo GAU, 2016. – No. 2. – S. 34-36.

8. Kazakbaev, S. Z., Karymsakov, N. S., Karabayev, N., Shevtsov, A. (2019). The grain thrower-classifier for grain processing. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 05 (73), 86-90. DOI: <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2019.05.73.16>.



УДК 637.03

DOI: 10.53083/1996-4277-2022-207-1-108-113

В.В. Морозов, Д.Ю. Кривогузов

V.V. Morozov, D.Yu. Krivoguzov

### ОХЛАЖДЕНИЕ МОЛОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЯ ПРИ ОРОШЕНИИ В ЗМЕЕВИКОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ОХЛАДИТЕЛЯ

#### MILK COOLING BY USING PROPYLENE GLYCOL WITH SPRAYING IN COOLER COIL STRUCTURE

**Ключевые слова:** качество молока, молоко, производство молока, оросительная камера, охлаждение молока, пропиленгликоль, сохранность молока, хладносители, энергосбережение, этиленгликоль.

**Keywords:** milk quality, milk, milk production, spray chamber, milk cooling, propylene glycol, milk preservation, cooling agent, energy saving, ethylene glycol.

Приводится анализ состояния продуктивности молочного скотоводства. Представлены пути, позволяющие решить проблему нехватки производимого продукта. Работа основывается на анализе способов и средств, обеспечивающих низкотемпературное замораживание хладоносителя. На базе этого получена вероятность скоростного охлаждения молока до максимально невысоких разрешенных для молока температур. Для этой схемы приведен способ использования пропиленгликоля при помощи орошения над молокопроводом змеевикового типа. Все это разрешает оценить значимость такого метода хранения молока, как охлаждение, а также эффективность и экономичность данных схем. Сделан вывод о значительном сокращении расходов на работу по охлаждению продукта. Предложена схема охлаждения молока с использованием процесса орошения пропиленгликоля над змеевиковой конструкцией молокопровода. Отраженные в статье технические и технологические направления по задачам охлаждения молока имеют все шансы указывать о необходимости последующих научных поисков более подходящих разновидностей. Исследовательскими работами обязаны охватываться трудности, связанные с сбережением молока при невысоких затратах энергии и исключением бактериальных загрязнений. Например, внедрение охлаждения не гарантирует бактериальную чистоту продукта, как и известен тот факт, что охлаждение не приводит к стерилизации молока. К примеру, ультразвук или же ультрафиолет владеет подобной вероятностью. Все это означает, что разработка сбережения молока имеет возможность быть более безупречной и экономной. При последующих исследовательских работах нужно учитывать тот факт, что буквально все сельскохозяйственные объекты и технологии оказывают химическое, биологическое и механическое влияние на главные составляющие окружающей

среды и имеют все шансы приводить к деградации ландшафтов.

The paper analyzes the state of productivity of dairy cattle breeding. The ways to solve the problem of the shortage of the product are discussed. The work is based on the analysis of ways and means providing low-temperature freezing of the cooling agent. The probability of high-speed cooling of milk to the maximum low temperatures allowed for milk is obtained. For this scheme, the way of using propylene glycol by means of reflux over the milk pipe of coiled type is presented. All this allows evaluating the importance of such a method of milk storage as cooling as well as the efficiency and cost-effectiveness of these schemes. The conclusion on significant reduction in the cost of work on cooling the product is made. The scheme of milk cooling using the process of propylene glycol spraying over the coil structure of the milk pipeline is proposed. Technical and technological directions on milk cooling tasks have all chances to indicate the necessity of further scientific searches of more suitable options. Research should cover the difficulties connected with milk saving at low energy consumption and exclusion of bacterial contamination. For example, refrigeration does not guarantee bacterial purity of the product, and cooling does not sterilize milk as opposed to ultrasound or ultraviolet treatment. All this means that the development of milk saving has the possibility to be more perfect and economical. In further research it is necessary to consider the fact that literally all agricultural facilities and technologies have a chemical, biological and mechanical impact on the main components of the environment and have all chances to lead to the degradation of landscapes.

**Морозов Владимир Васильевич**, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Великолукская ГСХА, Псковская обл., г. Великие Луки, Российская Федерация, e-mail: rector@vgsa.ru.

**Кривогузов Дмитрий Юрьевич**, аспирант, ФГБОУ ВО Великолукская ГСХА, Псковская обл., г. Великие Луки, Российская Федерация, e-mail: dim8263@yandex.ru.

**Morozov Vladimir Vasilyevich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Velikiye Luki State Agricultural Academy, Velikiye Luki, Russian Federation, e-mail:

**Krivoguzov Dmitriy Yurevich**, post-graduate student, Velikiye Luki State Agricultural Academy, Velikiye Luki, Russian Federation, e-mail: dim8263@yandex.ru.

### Введение

Анализ состояния продуктивности молочного скотоводства показывает, что в России наблюдается увеличение производства молока. Но есть и регионы, в которых происходит уменьшение производства молока [1].

Одной из основных причин уменьшения производимого молока – устаревшее оборудование, которое при увеличении срока его службы начинает потреблять больше энергии, что становится экономически нецелесообразно для предприятий молочной отрасли. Для увеличения экономической эффективности производителями при-

нимаются меры по улучшению качества и повышению надёжности охладителей [2, 3].

**Целью** исследования по поиску решений энергосбережения при первичной обработке молока является обоснование конструктивных и технологических параметров охладителя молока трубчатого типа с использованием в качестве хладагента пропиленгликоля при его орошении в змеевиковой конструкции.

Для достижения цели и получения результатов определены **задачи**:

1) провести анализ существующих разработок и конструкторских решений технологии охлаждения молока;

2) определить конструктивно-технологические параметры охладителя, повышающего эффективность охлаждения молока;

3) определить технико-экономический эффект предложенных технических и технологических решений.

### Объекты и методы

С точки зрения энергосбережения и экологической стороны [4] для повышения качества и надежности охладителей все большее внимание отводится использованию в качестве хладагентов этиленгликоля и пропиленгликоля, которые обеспечивают низкотемпературное охлаждение продукта. Однако у этиленгликоля имеются значительные недостатки. Класс опасности вещества – третья группа, то есть его контакт с окружающей средой должен быть минимальным. Также этот хладагент является горючим веществом. Температурные пределы воспламенения паров в воздухе начинаются от 112°C и заканчиваются 124°C [5, 6].

Наиболее актуальным для использования в системах охлаждения пищевых продуктов является пропиленгликоль. Это жирное органическое соединение со слабо выраженным запахом и сладковатым вкусом. Данный реактив, в отличие от других гликолей, неопасный и нетоксичный [7]. В современном мире пропиленгликоль нашел применение во многих областях промышленности, даже в пищевой, поэтому считается безопасным для здоровья даже в большом количестве.

Наиболее эффективным процессом охлаждения молока является орошение жидкого хладагента над змеевиковой конструкцией молокопровода. При смачивании змеевика пропиленгликолем благодаря потоку воздуха от вытяжного вентилятора происходит его испарение и, следовательно, охлаждение молокопровода. Имеет место не только смачивание змеевика, но и испарение капельной влаги, сопровождающееся отбором явной теплоты из воздуха. В результате чего усиливается эффект охлаждения молока за счет испарения пропиленгликоля.

Для описания изменения температуры капли пользуемся уравнением:

$$c m dT = q d m + c d m T + \sigma d \rho - (T - T_0) S d \tau \quad (1)$$

где  $c$  – удельная теплоемкость пропиленгликоля, Дж/(кг·К);

$m$  – текущая масса капли, кг;

$T$  – абсолютная температура капли, К;

$dT$  – дифференциал абсолютной температуры капли, К;

$q$  – удельная теплота испарения пропиленгликоля, Дж/кг;

$d m$  – дифференциал массы капли, кг;

$\sigma$  – коэффициент поверхностного натяжения пропиленгликоля, Дж/м<sup>2</sup>;

$S$  – текущая площадь поверхности капли, м<sup>2</sup>;

$\alpha$  – коэффициент теплообмена пропиленгликоля с воздухом, Дж/(м<sup>2</sup>·К);

$d \tau$  – дифференциал времени, с.

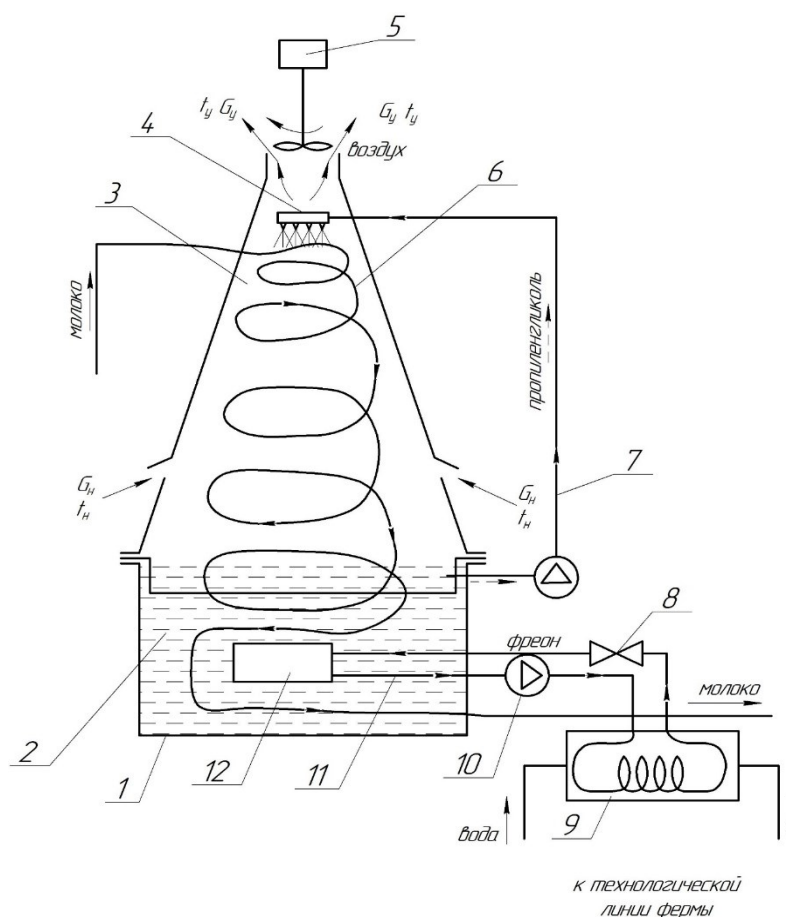
При плотности орошения  $q_w \approx 0,5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ с})$

и скорости воздуха в оросителе  $V_{\text{в.ор.}} = 0,2 - 0,4 \text{ м}/\text{с}$  плотность распыляемой среды  $\rho_{\text{расп}}$  во внутрикonusном пространстве составит на объем влажной воздушной массы  $\rho_{\text{расп}} = 1,67 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Объектом исследований является процесс отбора тепла от молока путем использования двухуровневой системы охлаждения, на первом этапе которой происходит отбор тепла путем орошения пропиленгликоля над змеевиковой конструкцией. На втором этапе охлаждения – прямая теплопередача от молока пропиленгликолю через стенку молокопровода. Разработанная установка для охлаждения молока с использованием пропиленгликоля позволяет охлаждать молоко в процессе доения и первичной обработки (рис. 1).

Процесс охлаждения молока происходит следующим образом. Молоко из молокопровода поступает в верхнюю часть охладителя 3, где охлаждается за счет испарения пропиленгликоля с поверхности змеевика 6. Далее по трубопроводу молоко поступает в нижнюю часть охладителя 1, где охлаждается пропиленгликолем 2 путем прямой теплопередачи через стенку трубопровода и уже охлажденное направляется в емкость для охлажденного молока.

В верхней части охладителя 3 установлены распылительные форсунки 4, с помощью которых происходит распыление пропиленгликоля по всему объему верхней части охладителя 3. Вентилятор 5 помогает усилению процесса испарения.



**Рис. 1. Процесс охлаждения молока в установке с орошением пропиленгликоля над змеевиковой конструкцией молокопровода:**

- 1 – нижняя часть охладителя; 2 – охладитель (пропиленгликоль); 3 – верхняя часть охладителя; 4 – распылительные форсунки; 5 – вентилятор; 6 – змеевик; 7 – трубопровод пропиленгликоля; 8 – дроссельная заслонка; 9 – конденсатор; 10 – компрессор; 11 – трубопровод фреона; 12 – испаритель**

Нижняя часть установки 1, полностью заполненная пропиленгликолем, содержит молокопровод и испаритель 12, в котором происходит испарение фреона. Тепло, забираемое от молока пропиленгликолем через стенку трубопровода, передается испарителю 12. В данном элементе происходит испарение фреона за счет полученного тепла, и далее газ поступает в конденсатор 9 с помощью компрессора 10. В конденсаторе происходит конденсация газообразного фреона в жидкое состояние и по трубопроводу передается в испаритель 12, проходя через дроссельную заслонку 8.

Также в состав установки входят два датчика для измерения температуры молока и хладагента. Окончательный вариант предусматривает включение двух систем: одна – для циркуляции хладагента, другая – для молока.

Для определения необходимых конструктивных и технологических параметров установки охлаждения молока с использованием пропи-

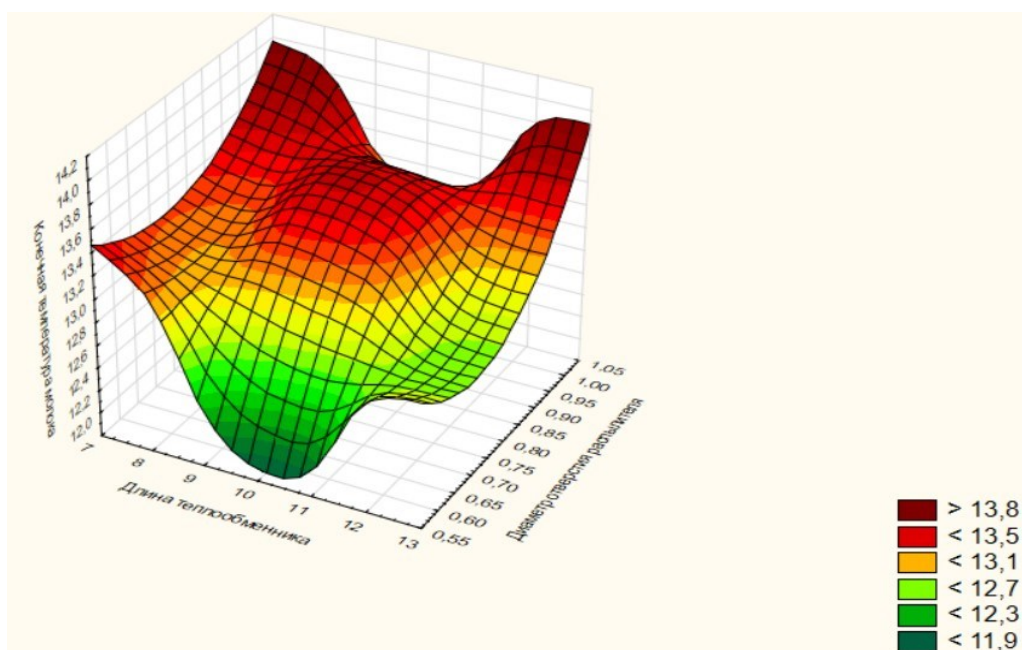
ленгликоля при орошении в змеевиковой конструкции определяем влияние на конечную температуру молока таких факторов, как длина теплообменника, диаметр отверстия распылителя и скорость движения воздуха.

### Результаты

По проведенным исследованиям определена зависимость конечной температуры молока от длины теплообменника и диаметра отверстий распылителя (рис. 2). Полученная математическая модель процесса охлаждения молока позволила определить оптимальные значения входящих факторов: длина теплообменника – 10 м; скорость движения воздуха – 0,3 м/с; диаметр отверстия распылителя – 0,55 мм.

Комплексное использование (взаимодействие) вышеуказанных параметров позволяет достичь минимальной температуры охлаждения молока 11,9-12,3°С.





**Рис. 2. Результаты исследований влияния длины теплообменника и диаметра отверстия распылителя на конечную температуру молока**

Данная схема охлаждения молока отличается от аналогичных непрерывностью процесса, отсутствием риска примерзания молока, а также проблемы изменения свойств молока при смешивании его с теплым продуктом и окружающим воздухом и скоростью охлаждения.

### Выводы

Применение двух типов охлаждения позволяет уменьшить энергопотребление на данный технологический процесс. Разработанная технологическая линия первичной обработки молока с использованием пропиленгликоля обеспечивает снижение затрат энергии на 31%, при этом удельные энергозатраты составят 3,67 МДж/кг, по исходной технологии – 5,33 МДж/кг.

### Библиографический список

1. Хакимзянова, Р. Р. Современное состояние молочного скотоводства в России и необходимые меры для его развития / Р. Р. Хакимзянова. – Текст: непосредственный // Перспективные направления развития сельского хозяйства: труды Всероссийского Совета ученых и научных учреждений. – Москва: ФГБНУ «Росинформгротех», 2015. – С. 191-194.
2. Охлаждение молока / ООО «Агро-Тек». – URL: <http://www.agro-tek.ru> (дата обращения: 18.12.2018). – Текст: электронный.
3. Иванов, Ю. А. Качество молока и эффективность его производства / Ю. А. Иванов. –

Текст: непосредственный // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012. – № 2. – С. 22-24.

4. Родионов, Г. В. Технология производства и переработка животноводческой продукции: учебник для вузов / Г. В. Родионов. – Москва: КолосС, 2005. – 512 с. – Текст: непосредственный.

5. Круглогодичное использование природного холода в условиях молочно-товарных ферм Южного Урала: рекомендации / А. И. Завражнов, А. П. Козловцев, В. И. Квашенников [и др.]. – Мичуринск: Изд-во Мичуринского ГАУ, 2016. – 61 с. – Текст: непосредственный.

6. Исследование плотности бинарных и тройных водных растворов этиленгликоля, пропиленгликоля и этанола / О. Я. Хлиева, М. П. Полюгач, С. С. Рябикин [и др.]. – Текст: непосредственный // Холодильная техника и технология. – 2016. – №5 2 (2). – С. 78-85.

7. Экспериментальное исследование теплофизических свойств теплоносителей на основе растворов пропиленгликоль/вода / В. П. Железный, Д. А. Ивченков, С. С. Рябикин, Н. А. Шимчук. – Текст: непосредственный // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – С. 64-66.

### References

1. Khakimzianova R.R. Sovremennoe sostoianie molochnoho skotovodstva v Rossii i neobkhodimye mery dlia ego razvitiia // Perspektivnye

napravleniia razvitiia selskogo khoziaistva. Trudy Vserossiiskogo Soveta uchenykh i nauchnykh uchrezhdenii. – Moskva: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2015. – S. 191-194.

2. Okhlazhdenie moloka // ООО "Аgro-Tek" URL: <http://www.agro-tek.ru> (data obrashcheniia: 18.12.2018).

3. Ivanov, Iu.A. Kachestvo moloka i effektivnost ego proizvodstva // Selskokhoziaistvennye mashiny i tekhnologii. – 2012. – No. 2. – S. 22-24.

4. Rodionov G.V. Tekhnologiya proizvodstva i pererabotka zhivotnovodcheskoi produktsii: uchebnyk dlia vuzov. / G. V. Rodionov. - Moskva: KolosS, 2005. – 512 s.

5. Zavrazhnov A.I. Kruglogodovoe ispolzovanie prirodnogo kholoda v usloviakh molochno-

tovarnykh ferm luzhnogo Urala: rekomendatsii / A.I. Zavrazhnov, A.P. Kozlovsev, V.I. Kvashennikov i dr. – Michurinsk: Izd-vo Michurinskogo GAU, 2016. – 61 s.

6. Khlieva O.Ia., Poliuganich M.P., Riabikin S.S., Nikulina A.S., Zheleznyi V.P. Issledovanie plotnosti binarnykh i troinykh vodnykh rastvorov etilenglikolia, propilenglikolia i etanola // Kholodilnaia tekhnika i tekhnologiya. – 2016. – No. 52 (2). – S. 78-85.

7. Zheleznyi V.P., Ivchenkov D.A., Riabikin S.S., Shimchuk N.A. Eksperimentalnoe issledovanie teplofizicheskikh svoystv teplonositelei na osnove rastvorov propilenglikol/voda // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2014. – S. 64-66.



УДК 631.363

**А.А. Смышляев, С.В. Мерчалов, В.И. Оробинский,  
А.В. Ворохобин, В.В. Воронин**

DOI: 10.53083/1996-4277-2022-207-1-113-120 **A.A. Smyshlyaev, S.V. Merchalov, V.I. Orobinskiy,  
A.V. Vorokhobin, V.V. Voronin**

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СЕПАРАТОРА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗМЕЛЬЧЕННОГО ЗЕРНА В КОМБИКОРМОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

## IMPROVEMENT OF SEPARATOR DESIGN FOR INTERMEDIATE SEPARATION OF CRUSHED GRAIN IN COMPOUND FEED PRODUCTION

**Ключевые слова:** гравитационный сепаратор, комбикорм, модуль измельчения, гранулометрический состав, коэффициент вариации готовой фракции, удельное извлечение.

Приводится исследование гравитационного сепаратора конической формы с клиновидными сепарирующими каналами, расширяющимися по ходу движения материала. Разделение измельченного материала происходит за счет воздействия гравитационного поля и не тре-

бует дополнительных затрат энергии. Энергия требуется только для подъема материала на технологическую высоту. Применение клиновидных калибрующих каналов позволяет отказаться от использования дорогостоящих рам, кривошипно-шатунных механизмов, подшипниковых узлов и валов, механизмов подвеса и привода, что удешевляет стоимость и уменьшает металлоемкость конструкции и габаритные размеры по сравнению другими сепарирующими устройствами. Для исследования предлагаемого сепаратора изготовлено несколько об-