

- priors [Text] / Robby Caspee, Luc Taerwe // Construction and Building Materials. — March 2012. — Vol. 28, Issue 1. — P. 342–350.
7. Zoubir Mehdi Sbartaï. Concrete properties evaluation by statistical fusion of NDT techniques [Text] / Zoubir Mehdi Sbartaï, Stéphane Laurens, Sidi Mohammed Elachachi, Cédric Payan // Construction and Building Materials. — December 2012. — Vol. 37. — P. 943–950.
  8. Song, P. S. Assessment of statistical variations in impact resistance of high-strength concrete and high-strength steel fiber-reinforced concrete [Text] / P. S. Song, J. C. Wu, S. Hwang, B. C. Sheu // Cement and Concrete Research. — February 2005. — Vol. 35, Issue 2. — P. 393–399.
  9. Fiore, A. On the dispersion of data collected by in situ diagnostic of the existing concrete [Text] / Andrea Fiore, Francesco Porco, Giuseppina Uva, Mauro Mezzina // Construction and Building Materials. — October 2013. — Vol. 47 — P. 208–217.
  10. ГОСТ 50.779.40-96. Статистические методы. Контрольные карты. Общее руководство и введение [Текст]. — М.: Изд-во стандартов, 1996.
  11. Серых, В. И. Многопараметрический контроль продукции: достоверность и затраты [Текст] / В. И. Серых, С. П. Порватов, В. И. Сединин // Методы менеджмента качества. — 2010. — № 5. — С. 48–52.
  12. Левин, Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники [Текст] / Б. Р. Левин. — Кн. 1. — М.: Сов. радио, 1965. — 752 с.

#### ДОСТОВІРНІСТЬ КОНТРОЛЮ З УРАХУВАННЯМ СТАБІЛЬНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА

Наведено відомості про вплив похибки вимірювання на ймовірність прийняття рішення про приймання продукції при статистичній нестабільності процесу виробництва. Показано на прикладі виробництва цегли, що ймовірність помилки першого роду зростає при зниженні відтворюваності процесу виробництва.

**Ключові слова:** вірогідність, контроль, достовірність, помилки першого роду, статистика.

*Логанина Валентина Івановна, доктор технічних наук, професор, завідувача кафедрою, кафедра управління якістю та технології будівельного виробництва, Пензенський державний університет архітектури та будівництва, Україна, e-mail: loganin@mail.ru.*

*Круглова Альбіна Ніколаєвна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра математики і математичного моделювання, Пензенський державний університет архітектури та будівництва, Україна, e-mail: albinakruglova@yandex.ru.*  
*Давидова Ольга Александрівна, кандидат технічних наук, кафедра управління якістю та технології будівельного виробництва, Пензенський державний університет архітектури та будівництва, Україна.*

*Логаніна Валентина Іванівна, доктор технічних наук, професор, завідувача кафедрою, кафедра управління якістю та технології будівельного виробництва, Пензенський державний університет архітектури та будівництва, Україна.*

*Круглова Альбіна Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра математики і математичного моделювання, Пензенський державний університет архітектури та будівництва, Україна.*

*Давидова Ольга Олександрівна, кандидат технічних наук, кафедра управління якістю та технології будівельного виробництва, Пензенський державний університет архітектури та будівництва, Україна.*

*Loganina Valentina, Penza State University of Architecture and Construction, Ukraine, e-mail: loganin@mail.ru.*

*Kruglova Albina, Penza State University of Architecture and Construction, Ukraine.*

*Davydova Olga, Penza State University of Architecture and Construction, Ukraine.*

УДК 631.171

Прасолов Е. Я.,  
Дударь М. С.

## ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СЕПАРАТОРА МОЛОКА

Статья посвящена исследованиям параметров частоты вращения барабана, эффективности разделения рабочей жидкости комбинированного сепаратора-очистителя молока. Результаты исследования показывают влияние факторов на производительность сепаратора при разделении рабочей жидкости на составляющие, действие факторов на частоту вращения и влияние факторов на время разгона, необходимое для достижения рабочей частоты вращения барабана сепаратора.

**Ключевые слова:** молоко, сепаратор, сепарирование молока, сливки, разделитель-очиститель.

### 1. Введение

Натуральное молоко в Украине используется следующим образом: на производство цельномолочной продукции направляется около 42 % заготовляемого молока, около 46 % масла, 7–8 % сыра, 5% молочных консервов. По неофициальным данным около 20% молока «теряется» на стадии производства и переработки — крайне низка глубина переработки молока, практически не используются так называемые «вторичные ресурсы» (сыворотка, обезжиренное молоко, пахта).

### 2. Постановка вопроса

Полтавская область характеризуется наиболее интенсивным развитием молочного скотоводства с ярко выраженной специализацией производства цельномолочной продукции. Примером может быть ПП «Агроэкология» (директор — Антонен С. С., Герой Украины). Молочному направлению скотоводства соответствует структура стада с удельным весом коров 60 % и выше [1–3].

Животноводческие фермы личных подсобных хозяйств характеризуется малыми размерами, имеют до пяти собственных коров и приплод, а также другие

виды животных. Производственные процессы на фермах выполняются вручную [4–6].

Самой сложной и трудноразрешимой проблемой в крестьянских хозяйствах является обеспечение сельскохозяйственной техникой, машинами и оборудованием. Промышленность практически еще не освоила выпуск специализированной техники для животноводства фермерских хозяйств. Поэтому уровень механизации в этих хозяйствах очень низок.

В настоящее время свыше 70 наименований эксплуатируемого оборудования представляют собой устаревшие образцы, и подлежат замене или модернизации. Уровень выпускаемого машиностроительными предприятиями технологического оборудования продолжает отставать от аналогичного оборудования зарубежных фирм [7, 8].

Выпуск качественных продуктов неразрывно связан с высокими санитарно-гигиеническими требованиями к производству.

К общим требованиям, предъявляемым к технологическому оборудованию, относятся необходимая производительность, минимальная материал- и энергоемкость, трудоемкость и максимальная безопасность в обслуживании, качество вырабатываемой продукции, ремонт-пригодность, надежность, долговечность, экологическая безопасность.

Особенность технологического оборудования, перерабатывающего животное сырье, — это высокие санитарные требования к их конструкции.

Исполнительные органы технологического оборудования конструктивно выполняют таким образом, чтобы при самых неблагоприятных условиях эксплуатации исключить возможность проникновения в рабочую зону посторонних предметов, смазочных масел, ржавчины или металлической пыли, получаемой от износа деталей.

Конструкционные материалы технологического оборудования при контактировании с пищевыми продуктами не должны образовывать примесей, загрязняющих пищевую продукцию и снижающих ее качество [9].

Запрещается применять в рабочей зоне детали из свинца, цинка, меди, сплавов и покрытия из них, керамики, стекла, лакокрасочных покрытий [9, 10].

Применяемые материалы должны быть стойкими к химическим, тепловым и механическим воздействиям при систематической мойке, чистке и дезинфекции оборудования. Цвет конструкционных материалов в рабочей зоне не должен влиять на оценку качества пищевой продукции и затруднять выявление загрязнений.

Для изготовления металлоконструкций (рам, станин и т. д.) следует применять профили замкнутого сечения [5, 10].

Конструкция оборудования должна обеспечивать защиту продукта от внешних загрязнений, исключать выбросы продукта в окружающую среду, предотвращать застой остатков продукта. Все поверхности должны быть доступны для санитарной обработки и контроля ее качества.

Оборудование должно быть безопасным при монтаже, эксплуатации, ремонте, транспортировании и хранении, не должно загрязнять выбросами вредных веществ окружающую среду (воздух, почву, водоемы) выше установленных норм [5].

Должны быть учтены требования пожаро- и взрывобезопасности, устойчивости к повышенной влажности, колебаниям давления и температуры, действию агрессивных веществ [9].

В коровьем молоке в оптимальном количестве содержатся все вещества, необходимые для роста и развития организма.

При включении молока и молочных продуктов в пищевые рационы возникают существенные изменения качественного характера всего рациона: регламентируются соотношения аминокислот белков и снабжение организма кальцием за счет ускорения процесса его всасывания. Важное свойство молока — способность самостоятельно производить химическое возбуждение пищеварительных желез и вызывать отделение пищеварительных соков [10].

Химический состав молока, оказывая существенное влияние на его технологические свойства, выход, качество и пищевая ценность молочных продуктов, могут изменяться в широких пределах [10]. На технологические свойства молока наиболее существенное влияние оказывают содержание, химический состав, структура, свойства жира и белка. С повышением содержания этих компонентов в молоке, увеличением размера жировых шариков и мицелл казеина повышается выход сливочного масла, творога, сыра и сметаны, интенсивнее проходят технологические операции.

Анализ совершенствования современных сепараторов позволяет констатировать, что снижение массогабаритных показателей, улучшение условий эксплуатации и технологических результатов достигаются посредством исключения промежуточных элементов из привода.

Непременным условием создания надежных и долговечных конструкций является обоснование параметров нового привода сепаратора-очистителя-разделителя, при которых обеспечивается полное разделение и очистка молока.

### 3. Анализ публикаций и исследований данного направления

Промышленное использование поля центробежных сил инерции для практических целей, в частности, для выделения из молока сливок, началось в середине XIX века.

Создание промышленного образца центробежной непрерывно-действующей машины для разделения молока принадлежит шведскому инженеру-изобретателю Густаву де Лавалю. Ему удалось не только выдвинуть новую техническую идею, но и впервые ее осуществить.

В 50-е годы производство сепараторов резко увеличилось. Первый отечественный сопловый сепаратор был создан в 1950 г. В это же время на заводе «Молмашстрой» был впервые разработан сепаратор полузакрытого типа для молока СПМФ-2000 производительностью 2000 л/ч [7].

Более широкие теоретические и экспериментальные исследования молочных сепараторов проводилось под руководством В. П. Горячкина. Г. И. Бремером в 30-х годах была разработана элементарная теория процесса сепарирования [3]. Большой вклад в развитие вопроса внес профессор Г. А. Кук, который впервые дал описание процессов и аппаратов молочной промышленности [7, 8]. Дальнейшие исследования проводятся широко известными учеными Н. Я. Лукьяновым, Н. Н. Липатовым, Б. М. Гольдиным, Гусейновым Р. Г., Шилиным В. А., Дружининой Е. С.

**Целью статьи** является исследование совершенствования сепаратора молока с обоснованием и разработкой

привода с экспериментальной проверкой полученных результатов.

**Методы и средства исследований.** Исследования проводились с определением по стандартной методике с применением матричного планирования эксперимента со статистической обработкой результатов.

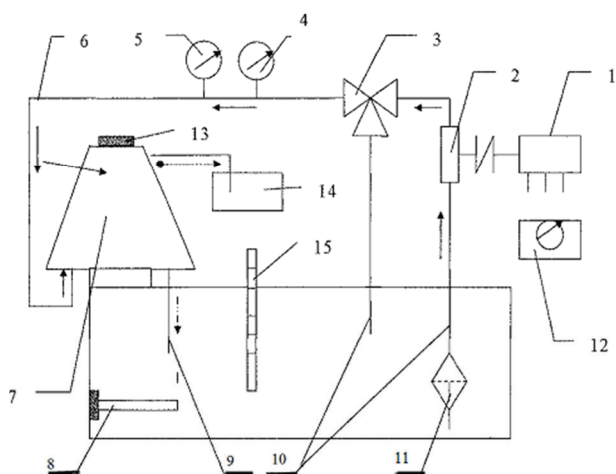
#### 4. Изложение основного материала исследований

Для экспериментальных исследований сепаратора была применена установка (рис. 1), состоящая из насосной станции (шестеренный насос НШ-40В и с электродвигателем постоянного тока); емкость для молока с нагревательным элементом и панели приборов [5].

Емкость 11 служила для приготовления исходной суспензии, которая затем подавалась в барабан сепаратора 7. Прохождение суспензии через регулирующий вентиль (трехходовой кран) 3 на выходе из насоса 2 в напорном трубопроводе 6, обеспечивало требуемую продолжительность пребывания суспензии в сепараторе.

На разгон барабана сепаратора с гидроприводом требуются определенные затраты времени. Это связано со значительной массой барабана, включающего различные конструктивные составляющие, и молока в нем. Учитывая, что наиболее эффективное разделение молока может быть только при наборе барабаном необходимой частоты вращения, приняты следующие технологические режимы работы сепаратора с гидроприводом: начальный (при котором при котором до набора номинальной частоты вращения барабана установка действует в режиме замкнутого контура циркуляции) и стабильный, при котором после набора барабаном необходимой частоты вращения используется процесс разделения молока при одном его проходе.

Конструкция сепаратора-разделителя-очистителя с гидроприводом была проверена на работоспособность в холостую, а затем на экспериментальной рабочей жидкости — имитаторе молока. Данные испытания подтвердили работоспособность конструкции.



**Рис. 1.** Схема установки: — — движение молока; ····· — движение сливок; ····· — движение обратного

1 — электродвигатель переменного тока; 2 — насос; 3 — трехходовой кран; 4 — расходомер; 5 — манометр; 6 — трубопровод напорный; 7 — экспериментальный образец сепаратора; 8 — нагревательный элемент; 9 — трубопроводы безнапорные; 10 — сетчатый фильтр; 11 — емкость системы циркуляции; 12 — щиток приборный; 13 — тахометр; 14 — емкость для отделяемого продукта; 15 — термометр

Запись частоты вращения барабана производилась с помощью тахогенератора постоянного тока авиационного типа ПП8-Д1.

Тахогенератор был установлен на колпаке барабана. Чтобы колебания станины сепаратора не влияли на работу тахогенератора, привод к тахогенератору подводился через гибкий валик, а сам тахогенератор крепился на специальной стойке не связанной с сепаратором.

Для проведения экспериментальных исследований в лабораторных условиях имитатор молока готовился с учетом требований по максимально возможной идентификации по техническим параметрам. Очевидно, что основа рабочей жидкости могла быть вода, плотность которой практически совпадает с плотностью молока.

Имитатор молочного жира, также изготавливался с учетом совпадения имитатора и молочного жира по плотности (если плотность молочного жира равна  $930 \text{ кг/м}^3$ ; то плотность имитатора молочного жира должна быть в этих пределах). Таковыми принимались: моторное масло, плотность которого равна  $905 \text{ кг/м}^3$ , растительные масла: подсолнечное, кукурузное, оливковое, которые по своим абсолютным значениям плотности оказались близки. Принято для экспериментов подсолнечное нерафинированное масло плотностью  $927 \text{ кг/м}^3$  (масло подсолнечное «Диканька»).

Получение суспензии достигалось длительным перемешиванием основы и имитатора молочного жира на специальной установке-мешалке типа миксера с частотой вращения до  $6000 \text{ мин}^{-1}$ .

Частота вращения мешалки устанавливалась опытным путем, критерии которого — получение однородной суспензии.

Обработке подвергались образцы составляющих объемом  $0,005 \text{ м}^3$ . Принимались следующие частоты вращения мешалки  $500 \text{ мин}^{-1}$ ,  $750 \text{ мин}^{-1}$ ,  $1000 \text{ мин}^{-1}$ ,  $1250 \text{ мин}^{-1}$ ,  $1500 \text{ мин}^{-1}$ ,  $2000 \text{ мин}^{-1}$ . Двигатель мешалки постоянного тока параллельного возбуждения, регулировка частоты вращения осуществлялась с помощью регулирующего реостата. После каждого перемешивания, производился отстой в течение 3...5 мин, для визуального контроля степени однородности [10].

Наилучшее перемешивание по однородности суспензии по всему столбу жидкости, равной  $0,6 \text{ м}$  получено при частоте вращения мешалки  $2000 \text{ мин}^{-1}$ . Для проведения экспериментов был достаточен объем суспензии  $0,006...0,007 \text{ м}^3$ , что дало возможность при каждом эксперименте готовить суспензию заново.

Метод основан на отборе проб объемом  $200 \text{ мл}$  в градуированную колбу после каждого эксперимента.

Проба отстаивалась в течение 48 часов. За указанный период происходило всплывание масляных шариков на поверхность столба жидкости. После 48 часов граница разделения масляной составляющей и водной основы была достаточно четкой, что позволило производить замер толщины масляного слоя [10]. Далее определялось процентное соотношение содержания масляной составляющей по отношению к общему объему суспензии.

Многофакторный регрессионный анализ, по определению влияния таких факторов, представленных в матрице планирования, как давление в системе, диаметр сопла и количество сопел на производительность была получена следующая математическая модель (в кодированном виде):

$$q = 0,0083 + 0,0057 \cdot b_1 + 0,0017 \cdot b_2 + 0,00079 \cdot b_3 + \\ + 0,0015 \cdot b_1 \cdot b_2 + 0,00055 \cdot b_1 \cdot b_3 + 0,0011 \cdot b_1^2 + \\ + 0,00027 \cdot b_2^2 + 0,000035 \cdot b_3^2. \quad (1)$$

При изучении обработанных данных, следует отметить, что доминирующее влияние на производительность сепаратора ( $q$ ) оказывает изменение давления в системе  $p(b_1)$ .

С увеличением диаметра сопла с 1,0 мм до 2,0 мм производительность возрастает с 0,008 до 0,02 м<sup>3</sup>/мин, за счет увеличения пропускной способности сепаратора.

Возрастание давления в системе  $p(b_1)$  с 0,036 до 0,11 МПа так же приводит к увеличению производительности на 0,004 м<sup>3</sup>/мин. Это объясняется более ускоренным перемещением суспензии из емкости системы циркуляции к барабану сепаратора, т. е. более эффективным процессом подачи жидкости, в результате чего сокращается время пребывания ее в барабане.

С уменьшением числа  $m(b_3)$  сопел с 4 до 2 производительность возрастает на 0,0006 м<sup>3</sup>/мин в связи с увеличением проходного сечения сопел в результате чего при одном и том же давлении снижается напряжение струи.

Наиболее целесообразно использование двух сопел, так как при этом состав обогащенной части после разделения отвечает требованиям по качеству, и производительность остается высокой.

Для определения влияния, представленных в матрице планирования факторов на частоту вращения барабана сепаратора был проведен многофакторный регрессионный анализ. Итогом анализа стало получение следующей математической модели:

$$n = 5143,9 + 500,1 \cdot b_1 + 131,4 \cdot b_2 + 47,95 \cdot b_3 + \\ + 58,13 \cdot b_1 \cdot b_2 + 176,09 \cdot b_1^2 + 50,59 \cdot b_2^2 + 76,78 \cdot b_3^2. \quad (2)$$

Полученные данные позволили установить, что доминирующее влияние на частоту вращения барабана сепаратора оказывают такие факторы, как давление в системе  $p(b_1)$  и диаметр сопла  $d_1(b_2)$ . В меньшей степени частота вращения барабана зависит от количества сопел  $m(b_3)$ .

Такие факторы, как давление в системе и диаметр сопла влияют на выходную величину, взаимодействуя между собой.

Набор частот вращения через определенный интервал давления зависит от скорости истечения жидкости из сопел, а сопла установлены на основании барабана.

При их взаимодействии, с уменьшением диаметра сопла  $d_1(b_2)$  с 2,0 до 1,0 мм и увеличением давления в системе с 0,036 до 0,11 МПа, частота вращения возрастает с 4700 до 6200 мин<sup>-1</sup>.

Выполненный на основе проведенных исследований многофакторный регрессионный анализ позволил установить следующую связь между выходной величиной и факторами изучаемого процесса.

$$ж_{сд} = 1,87 + 0,234 \cdot b_1 + 0,05 \cdot b_2 + 0,0221 \cdot b_3 - \\ - 0,0164 \cdot b_2 \cdot b_3 - 0,0823 \cdot b_1^2 - 0,021 \cdot b_3^2. \quad (3)$$

Коэффициенты с уровнем значимости более 0,5 в модель не включались. Удалось установить, что основное влияние на обогащенность выходной составляющей, при осуществлении процесса разделения, оказывает

сочетание таких факторов как диаметр сопла  $d_1(b_2)$  и количество сопел  $m(b_3)$  или частоты вращения.

С увеличением числа сопел с 2 до 4 повышается эффективность процесса разделения на 0,4 % (в 2 раза). С изменением диаметра сопла с 1,0 до 1,5 мм происходит снижение качества разделения на 0,08 %, а дальнейшее увеличение диаметра сопла с 1,5 до 2,0 мм приводит к росту фактора разделения. Это связано с возрастанием в этом интервале частоты вращения.

Таким образом, наиболее целесообразно установка двух сопел, каждое диаметром 1,5 мм.

В ходе многофакторного регрессионного анализа по определению влияния таких факторов, представленных в матрице планирования, как давление в системе, диаметр сопла и количество сопел на время разгона была получена следующая математическая модель.

$$t = 120 - 5,25 \cdot b_1 + 6,364 \cdot b_2 - 14,67 \cdot b_3 - 6,64 b_1 \cdot b_2 + \\ + 2,64 \cdot b_1 \cdot b_3 + 14,3 \cdot b_2^2 + 20,1 \cdot b_3^2. \quad (4)$$

Анализируя обработанные данные исследований по полученной математической зависимости, следует отметить, что доминирующее влияние на время разгона ( $t$ ) оказывает давление в системе  $P(b_1)$ .

С увеличением количества сопел  $m(b_3)$  с 2 до 4 время разгона снижается со 150 до 125 с.

С изменением диаметра сопла с 1,0 до 1,5 мм происходит уменьшение времени разгона на 2,0 с, а дальнейшее увеличение диаметра сопла с 1,5 до 2,0 мм приводит к увеличению продолжительности разгона. Это связано с возрастанием в этом интервале частоты вращения.

Увеличение давления в системе также приводит к снижению продолжительности разгона со 170 до 150 с.

## 5. Выводы

В результате исследований установлена производительность сепаратора зависящая от количества и диаметра сопел.

Анализ зависимости производительности гидроприродного сепаратора от конструктивных параметров достигается за счет изменения диаметра сопла с 1,0 мм до 2,0 мм и при количестве сопел с 4 до 2.

На основании результатов исследований определено, что процесс сепарирования эффективен при таких сочетаниях конструктивных параметров: диаметр сопла  $d = 1,5$  мм, количество сопел  $m = 2$ . Давление в системе 0,11 МПа, при этом обеспечивается время разгона 2,0–2,5 мин.

## Литература

1. Яцюта, М. Актуальні питання в галузі виробництва та переробки молока [Текст] / М. Яцюта, М. Гелескул, О. Савченко // АгроСвіт. — 2002. — № 5. — С. 22.
2. Валге, А. М. Обработка экспериментальных данных и моделирование динамических систем при проведении исследований по механизации сельскохозяйственного производства [Текст] / А. М. Валге. — Санкт-Петербург: ГНУ СЗНИИМЭСХ, 2002. — 173 с.
3. Гусейнов, Р. Г. Обоснование альтернативного привода сепаратора [Текст]: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора А. К. Ермолаева / Р. Г. Гусейнов, В. А. Шилин, Е. С. Дружинина // Агропромышленный комплекс: состояние и перспективы развития. — Великие Луки, 2005. — С. 159–161.

4. Гальперин, Д. Н. Оборудование молочных предприятий: монтаж, наладка и ремонт [Текст] : справочник / Д. Н. Гальперин. — Агропромиздат, 1990. — 352 с.
5. Дружинина, Е. С. Теоретическое обоснование процесса разделения молока в сепараторе с гидроприводом [Текст] / Е. С. Дружинина // Сб. науч. тр. Наука и передовой опыт — аграрному производству. — Великие Луки, 2002. — Ч. 2. — С. 62–72.
6. Кавецкий, Г. В. Процессы и аппараты пищевой технологии [Текст] / Г. В. Кавецкий, Б. В. Васильев. — М.: Колос, 2000. — 551 с.
7. Кук, Г. А. Процессы и аппараты молочной промышленности [Текст] / Г. А. Кук. — Том 2. — М.: Пищепромиздат, 1960. — 289 с.
8. Кунижев, С. М. Новые технологии в производстве молочных продуктов [Текст] / С. М. Кунижев, В. А. Шувалев. — М.: Дели принт, 2004. — 202 с.
9. Макаров, В. А. Ветеринарно-санитарная экспертиза с основами технологии и стандартизации продуктов животноводства [Текст] / В. А. Макаров. — М.: ВО Агропромиздат, 1991. — 464 с.
10. Кирсанова, А. Ф. Технология производства, хранения, переработки и стандартизации продукции животноводства [Текст] / под ред. А. Ф. Кирсанова и Д. П. Хайсанова. — М.: Колос, 2000. — 208 с.
11. Tolle, A. Symposium of Bacteriological Quality of Raw Milk [Text] / A. Tolle. — 1981. — № 33(4). — P. 281–288.

#### ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СЕПАРАТОРА МОЛОКА

Стаття присвячена дослідженням параметрів частоти обертання барабана, ефективності розділення робочої рідини комбінованого сепаратора-очишувача молока. Результати дослідження показують вплив чинників на продуктивність сепаратора при розділенні робочої рідини на складові, дія чинників на частоту обертання і вплив чинників на час розгону необхідне для досягнення робочої частоти обертання барабана сепаратора.

**Ключові слова:** молоко, сепаратор, сепарація молока, сливки, роздільник-очишувач.

*Прасолов Евгений Яковлевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра безопасности жизнедеятельности, Полтавская государственная аграрная академия, Украина, e-mail: brazhenko\_sa@mail.ru.*

*Дударь Марина Сергеевна, Полтавская государственная аграрная академия, Украина, e-mail: marynadudar992@mail.ru.*

*Прасолов Євген Якович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра безпеки життєдіяльності, Полтавська державна аграрна академія, Україна.*

*Дударь Марина Сергіївна, Полтавська державна аграрна академія, Україна.*

*Prasolov Evgeni, Poltava State Agrarian Academy, Ukraine,*

*e-mail: brazhenko\_sa@mail.ru.*

*Dudar Marina, Poltava State Agrarian Academy, Ukraine,*

*e-mail: marynadudar992@mail.ru*

УДК 631.2:631.171:65.011.56

**Слесаренко А. П.,  
Романченко М. А.,  
Сорока О. С.**

## ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОПОТОКАМИ ЖИВЛЕННЯ НАГРІВНИКІВ ЕЛЕКТРООБІГРІВНОЇ ПІДЛОГИ

Приведено результати теоретичних досліджень щодо оптимізації режимів керування енергопотоками живлення нагрівників багатоярусної електротеплоакумуляційної системи опалення гріючою підлогою виробничих тваринницьких споруд. Розглянуті варіанти живлення нагрівників, як від традиційних так і нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії в трьохярусній нагрівальній структурі.

**Ключові слова:** енергозбереження, енергопоток, автоматизація, мікроклімат, алгоритм.

### 1. Вступ

Системний аналіз енергетичних, конструктивних, експлуатаційних та інших характеристик «класичних» обігрівних установок, які входять до складу систем мікроклімату тваринницьких споруд, свідчить про те, що ці установки мають низку суттєвих недоліків, які ускладнюють або унеможливають застосування прогресивних ресурсозберігаючих електротехнологій для забезпечення нормативних рівнів теплових параметрів обігрівної підлоги і повітря технологічно активних зон (ЗТА) цих споруд протягом виробничого циклу і потребують удосконалення [1–3].

### 2. Постановка проблеми

Побудова електротехнологічних комплексів які б забезпечували стандарти теплового режиму мікроклімату виробничих споруд пов'язано з проблемою створення і підтримувannya оптимально стимулюючого впливу теплового режиму мікроклімату на біоб'єкти протягом виробничого циклу в технологічно активних зонах (ЗТА) з урахуванням внутрішніх факторів, виду і типу тварин або птахів та зовнішніх метеорологічних умов.

Ефективне вирішення означеної проблеми може бути за рахунок використання запропонованої багаторівневої електротеплоакумуляційної системи опалення (БЕТСО).