

А.В. Куликов, А.А. Литвинчук, А.С. Данилюк, О.М. Куликова, А.А. Безущенко

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*

СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОТРАБОТКИ РЕЖИМОВ ПОЛУЧЕНИЯ РЫБНЫХ КОМБИКОРМОВ

Аннотация. В статье обоснована необходимость создания лабораторного оборудования, позволяющего моделировать основные технологические операции производства в малых масштабах и отрабатывать режимы получения новых видов отечественных рыбных комбикормов. Определены стадии технологического процесса, оказывающие наибольшее влияние на качество получаемых комбикормов. Указана информация по созданному комплексу лабораторного оборудования, в состав которого входят дробилка, смеситель, смеситель-кондиционер, экструдер, пресс-гранулятор, охладитель гранул, система напыления на гранулы жировых компонентов и сухих порошков (обмасливатель).

Ключевые слова: рыбный комбикорм, отдельный проект, конструкторская документация, лабораторное оборудование, технологические операции, режимы

A.V. Kulikou, A.A. Litvinchuk, A.S. Danilyuk, O.M. Kulikova, A.A. Bezushchenok

*RUE «Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus»,
Minsk, Republic of Belarus*

CREATION OF A LABORATORY EQUIPMENT COMPLEX FOR EXERCISING FISH PRODUCTION MODES

Abstract. The article substantiates the need to create laboratory equipment that allows you to simulate the basic technological operations of production on a small scale and work out the modes of obtaining new types of domestic fish feed. The stages of the technological process that have the greatest impact on the quality of the resulting feed are determined. Information is provided on the created set of laboratory equipment: crusher, mixer, mixer-conditioner, extruder, press granulator, pellet cooler, system for spraying granules of fatty components and dry powders (oiling agent).

Keywords: fish feed, a separate project, design documentation, laboratory equipment, technological operations, modes

Введение. Рыбоводство — одна из самых высококорентабельных отраслей сельского хозяйства. Эффективность пресноводного рыбоводства подтверждается следующим примером. Если для получения со 100 га пашни 75 ц мяса, а со 100 га сельскохозяйственных угодий — 16 ц необходимо очень много усилий и затрат, то для получения со 100 га прудовой площади 200 ц рыбы не требуется даже мер по интенсификации. Это количество рыбы может быть получено за счет естественных пищевых ресурсов, имеющихся в самом пруду. При умеренной степени интенсификации и затратах дополнительных кормов и удобрений со 100 га прудовой площади можно получать более 1500 ц рыбы [1].

Производство рыбной продукции по сравнению с другими продуктами, содержащими животные белки, характеризуется высокой экономической эффективностью. Затраты на производство одной тонны рыбной продукции почти в 5 раз ниже, чем тонны говядины, в 4 раза — баранины, более чем в 3 раза — свинины, в 8 раз — сливочного масла, в 4 раза — животного жира. Преимущество рыбоводства по сравнению с другими отраслями АПК наблюдается и по многим другим хозяйственным и экономическим показателям [1, 2].

Несмотря на ряд явных преимуществ, развитие рыбоводства в Беларуси существенно отстает от мирового уровня в основном из-за отсутствия отечественных конкурентоспособных высококапитальных комбикормов для кормления различных видов и возрастных групп рыб. В настоящее время сегмент полнорационных комбикормов для ценных видов рыб представлен импортными производителями. Отсутствуют комбикорма для сомовых и сиговых видов рыб, а также для лососевых и осет-

ровых разных возрастов. Стоимость такого комбикорма высока и негативно сказывается на себестоимости и отпускной цене рыбы, что в итоге снижает конкурентоспособность отечественных производств [3].

В этой связи с целью создания базы для разработки и постановки на производство новых видов комбикормов возникла необходимость в разработке и изготовлении лабораторного оборудования, позволяющего моделировать основные технологические операции производства в малых масштабах, отрабатывать режимы и получать готовый продукт, что, в свою очередь, позволит снизить затраты и ускорить процесс создания новых видов отечественных комбикормов. В Республике Беларусь в настоящее время отечественное лабораторное оборудование отсутствует, а имеющиеся зарубежные аналоги дорогостоящие и не позволяют адекватно моделировать технологический процесс и работу промышленного оборудования отечественных предприятий.

Основная часть. Для решения вышеуказанной проблемы с 2017 по 2019 год отделом новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» в рамках отдельного проекта научных исследований НАН Беларуси выполнялось задание «Исследование основных технологических операций производства комбикормов для пресноводных видов рыб с разработкой лабораторного оборудования для отработки технологического процесса» (далее — задание).

Целью работы являлось проведение теоретических и экспериментальных исследований основных технологических операций производства комбикормов для пресноводных видов рыб с разработкой лабораторного оборудования для отработки технологического процесса.

В процессе выполнения задания предстояло решать следующие задачи:

- ♦ провести анализ существующих способов (технологий) производства комбикормов для пресноводных видов рыб, в том числе для ценных видов рыб;
- ♦ провести анализ имеющегося оборудования для производства комбикормов для пресноводных видов рыб;
- ♦ провести теоретические и экспериментальные исследования основных технологических операций (пропаривание, гранулирование, экструдирование, внесение жидких жиродержащих добавок под вакуумом) и разработать конструкции лабораторного оборудования для моделирования и отработки технологических режимов производства комбикормов;
- ♦ изготовить и испытать лабораторное оборудование для моделирования технологического процесса производства комбикормов.

Для создания комплекса лабораторного оборудования для выработки рыбных комбикормов проведен анализ литературных данных (патентов, научных публикаций, интернет-ресурсов и др.), по результатам которого установлено, что из множества ступеней технологического процесса наибольшее влияние на качество получаемых комбикормов имеют следующие технологические операции: измельчение, смешивание, кондиционирование, экструдирование, гранулирование, охлаждение гранул, напыление на гранулы жировых компонентов и сухих порошков [4–9].

Заказчиком задания с учетом рекомендаций РУП «Институт рыбного хозяйства» к разрабатываемому оборудованию установлены основные требования, которые были заложены в технических заданиях. В частности, к оборудованию для измельчения: производительность — не менее 10 кг/ч; размер частиц сырья после измельчения — не более 0,5 мм; выход продукта — не менее 60 %; рабочие органы должны быть устойчивы к коррозии.

На основании проведенного анализа литературных источников [4, 10–13, 14, 15] и экспериментальных исследований установлено, что наиболее полно удовлетворяет предъявленным требованиям дробилка молоткового или штифтового типа (измельчающий механизм состоит из подвижного и неподвижного дисков, где неподвижный диск закреплен на корпусе, а подвижный приводится в движение электроприводом), обеспечивающая высокую степень помола, низкие энергозатраты, габаритные размеры и материалоемкость, простоту эксплуатации.

По результатам исследований была разработана конструкторская документация, а также осуществлено изготовление дробилки Ш12-ДСК (рис. 1).

Дробилка работает следующим образом: в бункер загрузки равномерно подается требуемое сырье для получения рыбного комбикорма, которое самотеком попадает в измельчающий механизм, где происходит его дробление с последующей выгрузкой через сито с установленным диаметром прохода.

К оборудованию для смешивания сухих компонентов заказчиком установлены следующие основные требования: производительность — не менее 10 кг/ч; однородность смешивания — 95 %; периодический режим работы с регулировкой времени смешивания; наличие частотного преобразователя для регулировки скорости смешивания; наличие регулируемой заслонки при выгрузке перемешанного продукта.

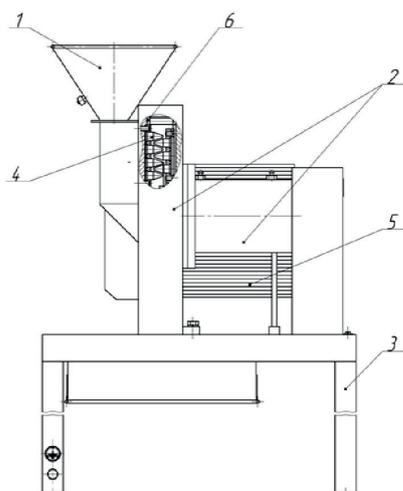


Рис. 1. Дробилка Ш12-ДСК: 1 — загрузочный бункер; 2 — корпус; 3 — опора;
4 — измельчающий механизм; 5 — электропривод; 6 — сито

Fig. 1. Crusher SH12-DSK: 1 — loading hopper; 2 — case; 3 — support; 4 — grinding mechanism;
5 — electric drive; 6 — sieve

Технические характеристики дробилки Ш12-ДСК представлены в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики дробилки Ш12-ДСК
Table 1. Technical characteristics of the crusher SH12-DSK

Наименование показателя	Значение
Производительность, кг/час, не менее	10
Установленная мощность, кВт, не более	8,0
Высота загрузки, мм, не более	1500
Высота выгрузки, мм, не менее	600
Диаметр прохода сита, мм	0,8/1,0
Продолжительность эксплуатации рабочих органов, часов, не менее	200
Материал рабочих органов (пальцев)	Сталь 65Г, закалка, отпуск, гарантированная твердость 50-55 HRC
Габаритные размеры, мм, не более	
- длина	1150
- ширина	850
- высота	1550
Масса, кг, не более	300

Проведенный анализ информации показал [4, 5, 10–14], что наиболее удовлетворяющим данным требованиям является ленточный смеситель, способный обеспечивать быструю и высокую равномерность перемешивания компонентов комбикорма (не менее 95 %). Конструкция рабочего органа предусматривает наличие внешнего и внутреннего витков ленты. При этом рабочий орган разделён на две части. При вращении вала нижние витки спирали обеспечивают перемещение продукта к центру аппарата, а верхние перемещают в противоположном направлении, обеспечивая таким образом эффективное перемешивание сырья.

По результатам исследований разработана конструкторская документация, а также осуществлено изготовление смесителя Ш12-РСК (рис. 2).

Смеситель работает следующим образом: в систему загружают жидкие компоненты, которые нагреются до требуемой температуры. Далее в корпус загружается обрабатываемое сырьё, после чего закрывается заслонка в верхней части смесителя, предотвращающая распыл обрабатываемого сырья. Задается время смешивания, после чего при помощи мотора-редуктора приводится во вращение вал мешалки и происходит процесс перемешивания сырья с одновременным вводом через форсунки жидких компонентов.

Технические характеристики смесителя Ш12-РСК представлены в табл. 2.

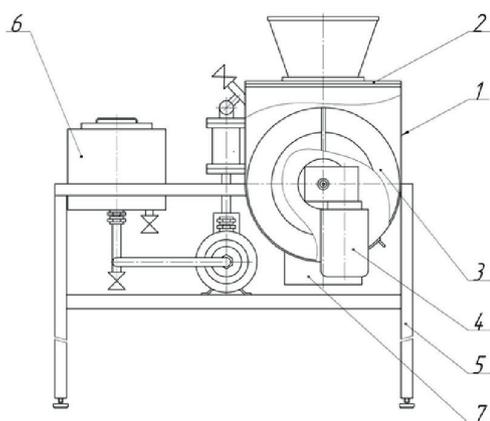


Рис. 2. Смеситель Ш12-РСК: 1,2 — корпус; 3 — вал с ленточной мешалкой; 4 — мотор-редуктор; 5 — рама; 6 — система ввода жидких компонентов; 7 — магнитная ловушка

Fig. 2. Mixer SH12-RSK: 1,2 — housing; 3 — a shaft with a belt mixer; 4 — gear motor; 5 — frame; 6 — input system of liquid components; 7 — magnetic trap

Таблица 2. Технические характеристики смесителя Ш12-РСК
Table 2. Technical characteristics of the mixer SH12-RSK

Наименование показателя	Значение
Производительность, кг/час, не менее	10
Установленная мощность, кВт, не более	2,5
Габаритные размеры, мм, не более	
- длина	1100
- ширина	650
- высота	1350
Частота вращения шнека, мин ⁻¹	0–93
Однородность смешивания, %, не менее	95
Масса, кг, не более	180
Емкость баков с подогревом для ввода жидких компонентов, не менее, л	3
Температура подогрева мелассы, не более, °С	55
Температура подогрева кормового жира, °С	70

К оборудованию для влаготепловой обработки комбикормовой смеси заказчиком установлены следующие основные требования: производительность — не менее 10 кг/ч; температура подогрева смеси — 80 ± 10 °С; регулировка времени нахождения продукта в смесителе и контроль температуры.

На основании проведенных исследований [4, 5, 10–14, 16] установлено, что наиболее полно удовлетворяет предъявленным требованиям вертикальный смеситель, обеспечивающий высокую степень однородности смешивания, низкие энергозатраты, габаритные размеры и материалоемкость, простоту эксплуатации и санитарной обработки, при изготовлении которого необходимо предусмотреть следующее: наличие быстросъемных элементов мешалки; наличие водяной рубашки для обеспечения подогрева продукта; наличие бойлера для подогрева рубашки. Дополнительно смеситель должен комплектоваться парогенератором.

По результатам исследований разработана конструкторская документация, а также осуществлено изготовление смесителя-кондиционера Ш12-РКС (рис. 3).

Технические характеристики смесителя-кондиционера Ш12-РКС представлены в табл. 3.

Смеситель-кондиционер работает следующим образом: в ёмкость 8 загружается обрабатываемое сырьё. В ёмкость 6 заливается заранее отмеренное количество жидких компонентов. Посредством водонагревателя и водяной рубашки осуществляется нагрев компонентов комбикорма до необходимой температуры. Включается мешалка и в процессе перемешивания посредством сжатого воздуха осуществляется подача жидких компонентов. Затем производится обработка комбикорма паром.

Таблица 3. Технические характеристики смесителя-кондиционера Ш12-ПКС
Table 3. Technical characteristics of the mixer-conditioner SH12-RKS

Наименование показателя	Значение
Производительность, не менее, кг/час	10
Установленная мощность, не более, кВт	4,0
Габаритные размеры, не более, мм	
- длина	1500
- ширина	500
- высота	1500
Частота вращения шнека, мин ⁻¹	80-150
Расход пара, кг/час, не менее	0,8
Время нахождения сырья, с, не менее	30
Масса, кг, не более	200

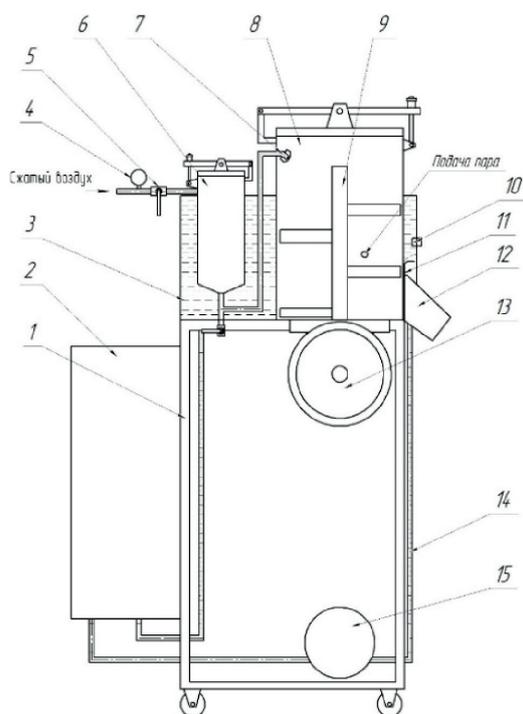


Рис. 3. Смеситель-кондиционер Ш12-ПКС: 1 — рама, 2 — электроводонагреватель, 3 — водяная рубашка; 4 — манометр, 5 — кран для подачи сжатого воздуха, 6 — ёмкость для жировой фракции, 7 — система подачи жировой фракции, 8 — корпус смесителя, 9 — мешалка; 10 — датчик температуры, 11 — шибер выгрузного лотка; 12 — выгрузной лоток, 13 — мотор редуктор, 14 — система трубопроводов для циркуляции теплоносителя, 15 — водяной насос

Fig. 3. Mixer-conditioner SH12-RKS: 1 — frame, 2 — electric water heater, 3 — water jacket; 4 — pressure gauge, 5 — valve for supplying compressed air, 6 — capacity for the fat fraction, 7 — system for supplying the fat fraction, 8 — mixer body; 9 — mixer; 10 — temperature sensor, 11 — gate of the unloading tray; 12 — discharge tray, 13 — gear motor, 14 — piping system for coolant circulation, 15 — water pump

К экструдеру заказчиком установлены следующие основные требования: производительность — не менее 10 кг/ч; наличие насадок для формования гранул комбикорма диаметром 2, 3, 4 и 6 мм; наличие частотного преобразователя для регулировки скорости вращения шнека; наличие загрузочного бункера с задвижкой.

На основании проведенных исследований [4, 10–14, 17] установлено, что наиболее полно удовлетворяет предъявленным требованиям одношнековый экструдер с переменным шагом винта. В результате разработана конструкторская документация, а также осуществлено изготовление экструдера Ш12-РЭК (рис. 4).

Технические характеристики экструдера Ш12-РЭК представлены в табл. 4.

Таблица 4. Технические характеристики экструдера Ш12-РЭК
Table 4. Technical characteristics of the extruder SH12-REK

Наименование показателя	Значение
Производительность, кг/час, не менее	10
Установленная мощность, кВт, не более	50
Насадки для формования гранул комбикорма, мм	2, 3, 4, 6
Габаритные размеры, мм, не более	
- длина	1050
- ширина	500
- высота	1250
Частота вращения шнека, мин ⁻¹	160–370
Расход пара, кг/час, не менее	0,8
Время нахождения сырья, с, не менее	30
Масса, кг, не более	200

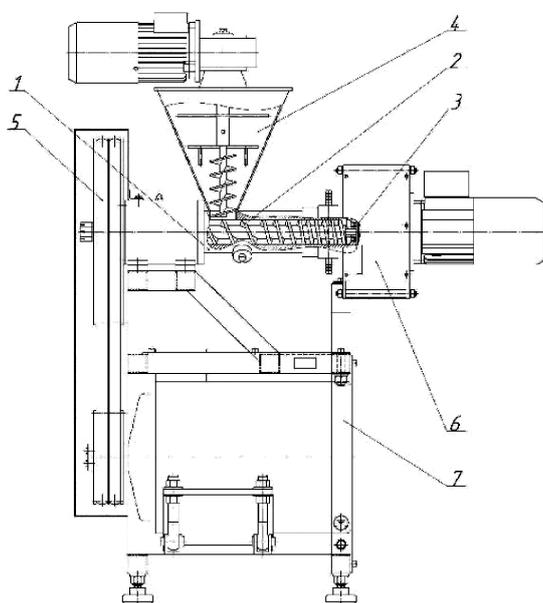


Рис. 4. Экструдер Ш12-РЭК: 1 — корпус; 2 — шнек; 3 — фильера; 4 — шнековый питатель; 5 — привод шнека; 6 — нож с приводом для обрезки гранул; 7 — рама
Fig. 4. Extruder SH12-REK: 1 — housing; 2 — auger; 3 — die; 4 — screw feeder; 5 — auger drive; 6 — a knife with a drive for cutting granules; 7 — frame

Экструдер работает следующим образом: приводятся во вращение шнек экструдера и нож, в шнековый питатель подается сырье. Сырьё перемещается вдоль корпуса шнеком с переменным шагом и продавливается через отверстие фильеры, выходит из отверстия фильеры в виде цилиндра и при помощи ножа нарезается на гранулы. Длина получаемых гранул может быть изменена за счет изменения скорости вращения ножа. Диаметр гранул задается диаметром отверстий в фильере и может быть изменен посредством замены фильеры.

К пресс-гранулятору заказчиком установлены следующие основные требования: производительность — не менее 10 кг/ч; наличие насадок для формования гранул комбикорма диаметром 2, 3, 4 и 6 мм; наличие частотного преобразователя для изменения прочности гранул; наличие загрузочного бункера с задвижкой; установка ножей после матрицы для регулировки длины гранул.

На основании проведенных исследований [4, 10–14, 18] установлено, что наиболее полно удовлетворяет предъявленным требованиям гранулятор со стационарной горизонтальной дисковой матрицей, по которой движутся прессующие вальцы (ролики) для продавливания продукта через отверстия матрицы.

В результате исследований разработана конструкторская документация, а также осуществлено изготовление пресс-гранулятора Ш12-РПГ (рис. 5).

Технические характеристики пресс-гранулятора Ш12-РПГ представлены в табл. 5.

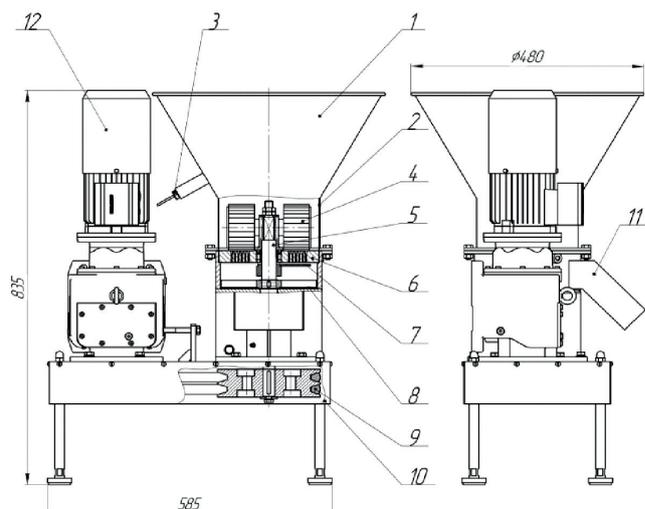


Рис. 5. Пресс-гранулятор Ш12-РПГ: 1 — загрузочный бункер, 2 — корпус, 3 — датчик температуры, 4 — ролики, 5 — вал, 6 — матрица, 7 — нож, 8 — крыльчатка, 9 — ременная передача, 10 — рама, 11 — лоток для выгрузки, 12 — мотор-редуктор

Fig. 5. Press granulator SH12-RPG: 1 — loading hopper, 2 — housing, 3 — temperature sensor, 4 — rollers, 5 — shaft, 6 — matrix, 7 — knife, 8 — impeller, 9 — belt drive, 10 — frame, 11 — unloading tray, 12 — gear motor

Таблица 5. Технические характеристики пресс-гранулятора Ш12-РПГ

Table 5. Technical characteristics of the press granulator SH12-RPG

Наименование показателя	Значение
Производительность (при использовании матрицы с диаметром отверстий 2 мм, кг/час, не менее)	10
Установленная мощность, кВт, не более	4,0
Диаметр отверстий сменных матриц, мм	2, 3, 4, 6
Габаритные размеры, мм, не более	
- длина	1000
- ширина	500
- высота	1000
Масса, кг, не более	150

Пресс-гранулятор работает следующим образом: включается привод роликов, в бункер загружается обрабатываемое сырье. За счет вращения роликов сырье запрессовывается в цилиндрические каналы матрицы и выходит из нее. На противоположной стороне матрицы расположен нож, служащий для обрезки на гранулы определенной длины. Длина гранул регулируется посредством установки зазора между матрицей и рабочей поверхностью ножа.

К охладителю гранул заказчиком установлены следующие основные требования: производительность — не менее 10 кг/ч; должен обеспечивать снижение влажности с 25 до 11 %; должен иметь 2 секции: для охлаждения гранул после нанесения на них масла из пресс-гранулятора и для сушки гранул после экструдера; должен быть предусмотрен подогрев воздуха, направляемого в охладитель, до 50 °С.

В результате исследований [4, 10–14, 19] разработана конструкторская документация, а также осуществлено изготовление охладителя гранул Ш12-РОГ (рис. 6).

Технические характеристики охладителя гранул Ш12-РОГ представлены в табл. 6.

Охладитель работает следующим образом: на лотках размещают гранулы, получаемые после экструдера или пресс-гранулятора, закрывают дверь и включают вентилятор необходимой секции. При этом происходит забор наружного воздуха и осуществляется охлаждение гранул. При необходимости сушки гранул включают электронагреватель, обеспечивающий подогрев воздуха до необходимой температуры.

К системе напыления на гранулы комбикорма жировых компонентов и сухих порошков (далее — обмасливатель) заказчиком установлены следующие основные требования: производительность — не менее 10 кг/ч; создание кратковременного вакуума; наличие системы подогрева масла и форсунок для его нанесения.

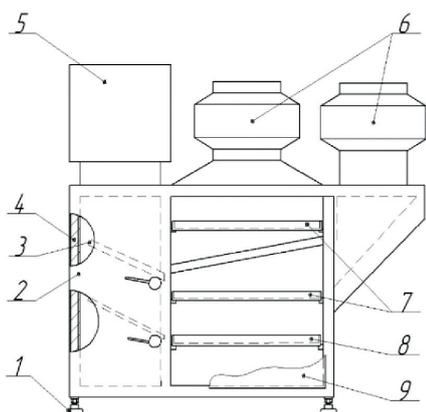


Рис. 6. Охладитель гранул Ш12-РОГ: 1— опоры; 2 — корпус, 3 — заслонки, 4 — изоляция, 5 — электронагреватель; 6 — вентиляторы канальные; 7 — лотки с сетчатым дном для гранул, 8 — лоток для сбора масла, 9 — дверь

Fig. 6. Cooler granules SH12-ROG: 1— supports; 2 — housing, 3 — shutters, 4 — insulation, 5 — electric heater; 6 — channel fans; 7 — trays with a mesh bottom for granules, 8 — a tray for collecting oil, 9 — a door

Таблица 6. Технические характеристики охладителя гранул Ш12-РОГ
Table 6. Technical characteristics of the pellet cooler SH12-ROG

Наименование показателя	Значение
Производительность, (при снижении влажности 25 % до 11 %), кг/час, не менее	10
Установленная мощность, кВт, не более	10,0
Расход воздуха (на каждую секцию), м ³ /ч	300-1000
Температура воздуха, °С, не более	50
Высота слоя гранул на сетчатом дне лотка, мм, не более	50
Габаритные размеры, мм, не более	
- длина	1400
- ширина	800
- высота	1300
Масса, кг, не более	200

По результатам исследований [4, 10–14, 20], разработана конструкторская документация, а также осуществлено изготовление обмасливателя Ш12-РНВ (рис. 7).

Технические характеристики обмасливателя Ш12-РНВ представлены в табл. 7.

Таблица 7. Технические характеристики обмасливателя Ш12-РНВ
Table 7. Technical characteristics of the oiling oil SH12-RNV

Наименование показателя	Значение
Производительность, кг/час, не менее	10
Количество загружаемого продукта за цикл, кг	5–12
Установленная мощность, кВт, не более	6
Скорость вращения вала с лопатками, мин ⁻¹	10–25
Объём вакуумной камеры, м ³ , не менее	0,08
Количество наносимых компонентов последовательно, не менее	3
Температура подогрева масла, °С	30–65
Регулировка подачи воздуха в диапазоне, с	30–180
Максимальный процент ввода масла и других компонентов, %	35
Абсолютное разрежение, мбар	200–400
Габаритные размеры, мм, не более	
- длина	1200
- ширина	700
- высота	1900
Масса, кг, не более	320

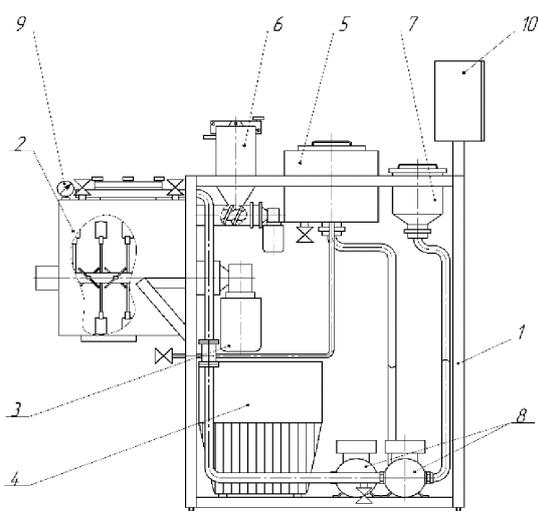


Рис. 7. Обмасливател Ш12-РНВ: 1 — рама, 2 — корпус с вакуумной камерой и валом с лопатками, 3 — привод вала, 4 — система вакуумирования, 5 — система подогрева и распыла масла, 6 — система подачи порошкообразных компонентов, 7 — система подачи жидких компонентов, 8 — насосы для подачи жидкостей, 9 — контрольно-измерительные приборы, 10 — пульт управления

Fig. 7. Oiling oilSH12-RNV: 1 — frame, 2 — housing with a vacuum chamber and a shaft with blades, 3 — shaft drive, 4 — evacuation system, 5 — oil heating and spraying system, 6 — powder component supply system, 7 — liquid component supply system, 8 — pumps for supplying liquids, 9 — instrumentation, 10 — control panel

Обмасливател работает следующим образом: гранулы загружаются в вакуумную камеру. В систему подогрева и распыла масла заливается необходимое количество масла и при помощи электронагревателя посредством водяной бани температура масла доводится до необходимой. В системы подачи порошкообразных и жидких компонентов загружается необходимое количество порошков и жидкостей соответственно. Откачивается воздух, включается вращение вала с лопатками и осуществляется распыл подогретого масла, жидких компонентов или подача порошка. В процессе вращения в разреженной среде масло, жидкость или порошок равномерно распределяются в массе комбикорма. После этого в обмасливател медленно подается воздух, масло или жидкие компоненты всасываются через поры вглубь гранулы, а также покрывают ее, т.е. происходит капсулирование.

Проведены приемочные испытания созданного комплекса лабораторного оборудования, по результатам которых комиссия рекомендовала разработанное оборудование передать РУП «Институт рыбного хозяйства» для отработки режимов и рецептов производства отечественных рыбных комбикормов, исследования новых технологий и установления рациональных параметров работы оборудования.

Следует отметить, что комплекс лабораторного оборудования для получения рыбных комбикормов не имеет аналогов на постсоветском пространстве, в связи с чем планируется подача заявки на получение патента.

Список использованных источников

1. Шихшабеков, М.М. Пресноводное рыбоводство / М.М. Шихшабеков, Г.Ш. Гаджимурадов. — Махачкала : Эко-пресс, 2013. — 360 с.
2. Егоров, Б.В. Научно-технические основы современной технологии комбикормов / Б.В. Егоров // Автореф. дис. докт. техн. наук 05.18.01 / Б.В. Егоров; Одес. технол. ин-т. — Одесса, 1991. — 32 с.
3. Агеец, В.Ю. Проблемы и перспективы производства биологически полноценных комбикормов для рыб в Республике Беларусь / В.Ю. Агеец, Ж.В. Кошак, А.Э. Кошак // Вести НАН Беларуси. Серия аграрных наук. — 2017. — № 2. — С. 91–99.
4. Афанасьев, В.А. Руководство по технологии комбикормовой продукции с основами кормления животных / В.А. Афанасьев. — Воронеж : ВНИИ КП, 2007. — 389 с.
5. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии / Ю.И. Дытнерский. — Москва : Химия, 1995. — 600 с.
6. Бутковский, В.А. Технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства (с основами экологии) / В.А. Бутковский, Е.М. Мельников. — М : Агропромиздат, 1989. — 464 с.

7. Правила организации и ведения технологических процессов производства продукции комбикормовой промышленности: РД РБ 02150.019-2004. — Введен с 01.10.2004. — Минск, 2004. — 265 с.
8. Черняев, Н.П. Технология комбикормового производства / Н.П. Черняев. — 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Колос, 1992. — 367 с.
9. Демский, А.Б. Совершенствование комбикормового оборудования промышленных предприятий / А.Б. Демский, В.Ф. Веденьев. — М.: Колос, 1982. — 127 с.
10. Продукция компании «Buhler» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.buhlergroup.com/europe/ru/10.htm#.WS_Hs9KLS9I. — Дата доступа 11.05.2017.
11. Оборудование для комбикормовой промышленности «Kahl» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.inworld.com.ua/oborudovanie/oborudovanie-dlja-picshevoj-i-kombikormovoj-promyshlennosti/>. — Дата доступа 17.05.2017.
12. Каталог оборудования «Технэкс» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.technex.ru/ru/catalog>. — Дата доступа 18.05.2017.
13. Продукция компании «Wynveen» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.wynveen.com/ru/page/producten/coaten/vacuum-coaters.html>. — Дата доступа 22.05.2017.
14. Плаксин, Ю.М. Процессы и аппараты пищевых производств / Ю.М. Плаксин, Н.Н. Малахов, В.А. Ларин. — М.: Колос, 2007.
15. Хорошенко, Г. Значение процесса измельчения при выработке кормов / Г. Хорошенко // Комбикорма. — 2006. — №2. — С. 30–31.
16. Гидротермическая обработка в комбикормовой промышленности [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.inworld.com.ua/content/userdata/kahl_gidrotermicheskaya_obrabotka_v_kombik_prom_ti.pdf. — Дата доступа 18.05.2017.
17. Принцип действия и конструкции экструдеров [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.extrutec.ck.ua/lectures/4.html>. — Дата доступа: 19.05.2017.
18. Классен, П.В. Основы техники гранулирования / П.В. Классен, И.Г. Гришаев — М.: Химия. — 1982. — 272 с.
19. Гинзбург, А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А.С. Гинзбург. — М.: Пищевая промышленность, 1973. — 528 с.
20. Покрытие гранул маслом и энзимами [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://agrotechnology.com/ru/products/feed-production/pelleting/104-pallets.html>. — Дата доступа: 19.05.2017.

References

1. Shikhshabekov M.M., Gadzhimuradov G.Sh. Presnovodnoye rybovodstvo [*Freshwater fish farming*]. — Makhachkala, Eko-press, 2013, 360 p. (in Russian).
2. Yegorov B.V. Nauchno-tehnicheskiye osnovy sovremennoy tekhnologii kombikormov [*Scientific and technical fundamentals of modern technology of animal feed*] / Avtoref. dis. dokt. tekhn. nauk [*Author. dis. Doct. tech. Sciences*]. Odes. tekhnol. in-t [Odessa technol. institute]. — Odessa, 1991, 32 p. (in Russian).
3. Ageyets V.Yu., Koshak Zh.V., Koshak A.E. Problemy i perspektivy proizvodstva biologicheskii polnotsennykh kombikormov dlya ryb v Respublike Belarus' [*Problems and prospects of the production of biologically complete feed for fish in the Republic of Belarus*]. Vesti NAN Belarusi. Seriya agrarnykh nauk [*News of the NAS of Belarus. A series of agricultural sciences*], 2017, no.2, pp. 91–99 (in Russian).
4. Afanas'yev V.A. Rukovodstvo po tekhnologii kombikormovoy produktsii s osnovami kormleniya zhivotnykh [*Guidelines for feed technology with the basics of animal feed*]. — Voronezh, VNIIPK, 2007, 389 p. (in Russian).
5. Dytnerskiy Yu.I. Protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii [*Processes and apparatuses of chemical technology*]. — Moscow, Chemistry, 1995, 600 p. (in Russian).
6. Butkovskiy V.A., Mel'nikov Ye.M. Tekhnologiya mukomol'nogo, krupyanogo i kombikormovogo proizvodstva (s osnovami ekologii) [*Technology of flour, cereal and animal feed production (with the basics of ecology)*]. — М.: Agropromizdat, 1989, 464 p. (in Russian).
7. Pravila organizatsii i vedeniya tekhnologicheskikh protsessov proizvodstva produktsii kombikormovoy promyshlennosti [*Technology of flour, cereal and animal feed production (with the basics of ecology)*] RD RB 02150.019-2004. — Vveden s [Introduced from] 01.10.2004. — Minsk, 2004. — 265 p. (in Russian).
8. Chernyayev N.P. Tekhnologiya kombikormovogo proizvodstva [*Technology of feed production*]. — 2-ye izd. pererab. i dop [2nd ed. reslave. and add]. — М.: Kolos, 1992, 367 p. (in Russian).
9. Demskiy A.B., Veden'yev V.F. Sovershenstvovaniye kombikormovogo oborudovaniya promyshlennykh predpriyatiy [*Improving the feed equipment of industrial enterprises*]. — М.: Kolos, 1982, 127 p. (in Russian).
10. Produktsiya kompanii «Buhler» [*Products of the company “Buhler”*]. Available at: http://www.buhlergroup.com/europe/ru/10.htm#.WS_Hs9KLS9I (accessed 5 November 2017).

11. Oborudovaniye dlya kombikormovoy promyshlennosti «Kahl» [*Equipment for the feed industry “Kahl”*]. Available at: <http://www.inworld.com.ua/oborudovanie/oborudovanie-dlja-picshevoj-i-kombikormovoj-promyshlennosti/> (accessed 17 May 2017).
12. Katalog oborudovaniya «Tekhnex» [*Technex equipment catalog*]. Available at: <http://www.technex.ru/ru/catalog> (accessed 18 May 2017) (in Russian).
13. Produktsiya kompanii «Wynveen» [*Products of the company “Wynveen”*]. Available at: <http://www.wynveen.com/ru/page/producten/coaten/vacuum-coaters.html> (accessed 22 May 2017) (in Russian).
14. Plaksin Yu.M., Malakhov N.N., Larin V.A. Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv [*Processes and Food Production Equipment*]. — M. : Kolos, 2007 (in Russian).
15. Khoroshchenko G. Znachenije protsessa izmel'cheniya pri vyrabotke kormov [*The value of the grinding process in the development of feed*]. *Kombikorma [Compound feed.]*, 2006, no. 2, pp. 30–31 (in Russian).
16. Gidrotermicheskaya obrabotka v kombikormovoy promyshlennosti [*Hydrothermal processing in the feed industry*]. Available at: http://www.inworld.com.ua/content/userdata/kahl_gidrotermicheskaya_obrabotka_v_kombik_prom_ti.pdf (accessed 18 May 2017).
17. Printsip deystviya i konstruktsii ekstruderov [*The principle of operation and design of the extruders*]. Available at: <http://www.extrutech.ck.ua/lectures/4.html> (accessed 17 May 2017).
18. Klassen P.V., Grishayev I.G. Osnovy tekhniki granulirovaniya [*Fundamentals of granulation technique*]. — M.: Khimiya [*Chemistry*], 1982, 272 p. (in Russian).
19. Ginzburg A.S. Osnovy teorii i tekhniki sushki pishchevykh produktov [*Fundamentals of the theory and technique of food drying*]. — M. : Pishchevaya promyshlennost' [*Food Industry*], 1973, 528 p. (in Russian).
20. Pokrytiye granul maslom i enzimami [*Coating granules with oil and enzymes*]. Available at: <http://agrotechnology.com/ru/products/feed-production/pelleting/104-pallets.html> (accessed 19 May 2017).

Информация об авторах

Куликов Алексей Валентинович — кандидат технических наук, и.о. начальника отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ont_i_t@mail.ru.

Литвинчук Александр Аркадьевич — кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: newteh@belproduct.com.

Куликова Ольга Михайловна — инженер 1 категории отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: newteh@belproduct.com.

Данилюк Александр Сергеевич — младший научный сотрудник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: newteh@belproduct.com.

Безущенко Анна Александровна — инженер-конструктор 2 категории отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: newteh@belproduct.com.

Information about authors

Kulikov Alexey V. — candidate of technical sciences, acting Head of the Department of New Technologies and Techniques of the RUE «Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus for food» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ont_i_t@mail.ru.

Litvinchuk Aleksandr A. — candidate of technical sciences, senior researcher at the Department of New Technologies and Techniques of the RUE «Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus for food» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). Email: newteh@belproduct.com.

Kulikova Olga M. — 1st category engineer of the department of new technologies and equipment of RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., Minsk 220037, Belarus). E-mail: newteh@belproduct.com.

Danilyuk Alexander S. — Junior Researcher at the Department of New Technologies and Techniques of the RUE «Scientific and practical center of the National Academy of Sciences of Belarus for food» (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: newteh@belproduct.com.

Bezuschenok Anna A. — Design Engineer 2 categories of the department of new technologies and equipment of RUE «Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus» (29, Kozlova str., Minsk 220037, Belarus). E-mail: newteh@belproduct.com.