

УДК 631.363.7

## РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ПРИВОДА ШНЕКОЛОПАСТНОГО ОРГАНА СМЕСИТЕЛЯ

Коновалов В.В., Боровиков И.А., Терюшков В.П.

В работе представлено описание вертикального смесителя периодического действия со шнеколопастным рабочим органом, работающим в режиме ступенчатого приготовления порций сухой смеси, а также формулы для расчета мощности на привод рабочего органа смесителя.

**Ключевые слова:** смеситель ступенчатого смешения, шнеколопастной рабочий орган, мощность смесителя, шнек смесителя.

### Введение

Различные конструкции смесителей нашли широкое применение при производстве различных смесей в промышленности, сельскохозяйственном производстве, пищевых технологиях [1–6, 18–31], а также при изготовлении композитных материалов [7–9].

При этом уточненный расчет мощности привода смесителей с различными видами рабочих органов все еще остается весьма актуальной задачей теоретических исследований.

**Целью данной работы** являлось обоснование и оценка аналитических зависимостей, позволяющих рассчитать мощность на привод рабочего органа вертикального смесителя со шнеколопастным рабочим органом.

### Объекты и методы исследований

Для приготовления качественной смеси автоматами на основании теоретических и экспериментальных исследований обоснована конструкция вертикального смесителя периодического действия работающего в двухступенчатом режиме смешивания.

Смеситель выполнен в виде бункера 2 (рис. 1), с коническим днищем, в середине которого установлен комбинированный рабочий орган, выполненный в виде вертикального шнека 6.

В нижней части шнека установлены прутковые лопасти 1, а в центральной – радиальные прутковые лопасти 4. Лопатки 4 делят кожух шнека 5 на две части: верхнюю и нижнюю. Готовая смесь выгружается через отверстие 3, закрываемое шибером.

Методика определения мощности смесителя включала получение аналитических зависимостей для определения отдельных составляющих базовой формулы, выполнение теоретических расчетов и экспериментальную проверку полученных результатов на основе компьютерного моделирования.

### Результаты и их обсуждение

Потребная мощность привода смесителя [10, 17]

$$N_c = \frac{N_{ш} + N_{лм} + N_{л}}{\eta}, \quad (1)$$

где  $N_{ш}$ ,  $N_{лм}$ ,  $N_{л}$  – мощность, потребляемая соответственно на привод шнека, лопастной мешалки, перемешивающих лопаток, Вт;

$\eta$  – КПД привода рабочего органа.

Мощность на привод шнека, Вт

$$N_{ш} = k_1 (N_1 + N_2 + N_3), \quad (2)$$

где  $k_1$  – поправочный коэффициент внутренних потерь;

$N_1$ ,  $N_2$ ,  $N_3$  – мощность на подъем материала, трение материала о стенки кожуха и винт, Вт [11, 20].

Мощность, потребляемая на подъем материала, Вт

$$N_1 = g Q_{ш} H, \quad (3)$$

где  $Q_{ш}$  – подача винтового конвейера, кг/с [12, 16];

$H$  – высота подъема корма, м;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Мощность, потребляемая на трение материала о стенки кожуха, Вт

$$N_2 = F_1 \frac{v_m}{\sin \psi}, \quad (4)$$

где  $F_1$  – сила трения материала о стенки желоба о материал в промежутках между верхним и нижним кожухом, Н;

$v_m$  – скорость материала вдоль шнека, м/с;

$\psi$  – угол подъема винтовой траектории груза, град.

Сила трения материала о стенки желоба и о материал в промежутках между верхним и нижним кожухом можно определить из выражения:

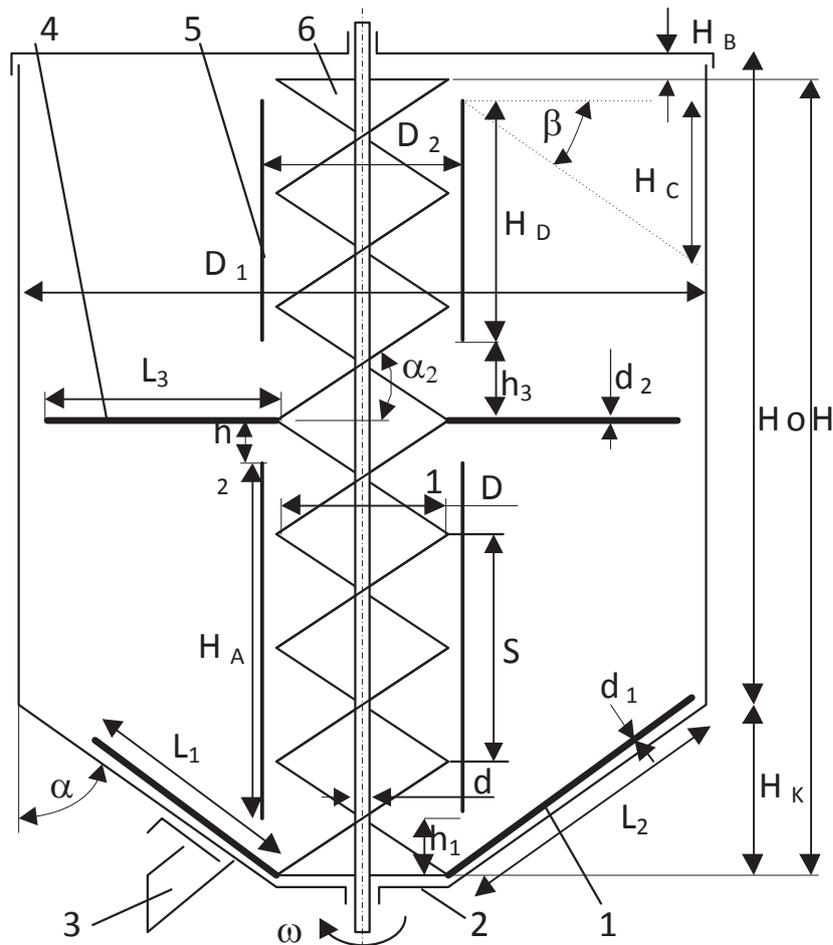


Рис. 1. Схема смесителя комбикормов с комбинированным рабочим органом:  
1 – лопасть; 2 – бункер; 3 – выгрузной лоток с шиббером; 4 – лопатка; 5 – кожух шнека; 6 – винт шнека

$$F_1 = \frac{2 \cdot m \cdot v_M^2 \cdot \text{ctg}^2 \psi \cdot f_{\text{ш}}}{D} = \frac{2 \cdot Q_{\text{ш}} \cdot H \cdot v_M \cdot \text{ctg}^2 \psi \cdot f_{\text{ш}}}{D}, \quad (5)$$

где  $m = Q_{\text{ш}} H / v_M$  – масса корма в шнеке, кг;

$f_{\text{ш}}$  – коэффициент трения материала о детали

шнека;

$D$  – диаметр шнека, м.

Подставив конструктивные параметры смесителя, получим:

$$F_1 = \frac{2 \cdot Q_{\text{ш}} \cdot v_M \cdot \text{ctg}^2 \psi \cdot [(h_1 + h_2 + h_3) \cdot f_M + (H_a + H_d) \cdot f_{\text{ш}}]}{D}, \quad (6)$$

где  $h_1, h_2, h_3$  – зазоры между дном бункера и нижним кожухом, между нижним кожухом и верхними лопатками, верхними лопатками и верхним кожухом, м;

$f_M$  – коэффициент внутреннего трения мате-

риала;

$H_a, H_d$  – высота нижнего и верхнего кожухов, м.

Мощность, потребляемая на трение материала о винт, Вт:

$$N_3 = F_2 f_{\text{ш}} v_M / \sin \alpha_2, \quad (7)$$

где  $F_2$  – сила давления груза на винт, Н;

$\alpha_2$  – угол подъема винта, град.

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot \cos \psi}{\sin \alpha_2 + f_{\text{ш}} \cdot \cos \alpha_2}, \quad (8)$$

Мощность, потребная на привод лопастной мешалки  $N_{\text{лп}}$  и перемешивающих лопаток  $N_{\text{л}}$ , определяется аналогично и зависит от наличия контакта с материалом и геометрических параметров рабочих органов [13, 15].

$$N_{\text{лп}} = \sum_K (F_p \cdot V_p + F_o \cdot V_o), \quad (9)$$

где  $K$  – номер лопасти или лопатки при различных их параметрах;

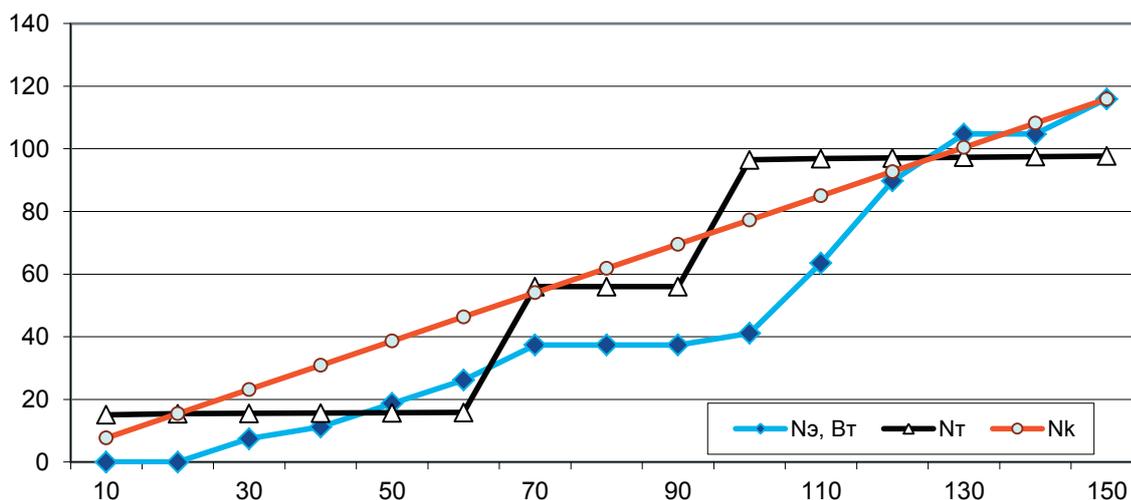


Рис. 2. Влияние массы корма в бункере М (кг) на экспериментальную мощность Nэ, теоретическую Nт, расчетную скорректированную Nк, затрачиваемые на рабочий процесс (Вт)

$F_p, F_o$  – радиальная и окружная составляющие силы сопротивления продукта, действующей на лопасть, Н;

$V_p, V_o$  – радиальная и окружная скорости точки приложения равнодействующей сил сопротивления корма, действующих на лопасть, м/с.

При этом [13, 20]:

$$V_p = \omega(D_l \cos \theta + d_1), \quad (10)$$

$$F_p = 9,81\rho h_c A t g^2(45^\circ + \chi / 2)(\cos \alpha_1 + f_l \sin \alpha_1)$$

$$V_o = V_p \cos \alpha_1 \sin \alpha_1,$$

$$F_o = 9,81\rho h A t g^2(45^\circ + \chi / 2)(f_l \cos \alpha_1 + \sin \alpha_1)$$

где  $\omega$  – угловая скорость лопасти, рад/с;

$D_l$  – диаметр лопастной мешалки, м;

$\theta$  – угол поворота лопасти, град.;

$\rho$  – плотность вороха корма, кг/м<sup>3</sup>;

$h_c$  – средняя глубина погружения лопасти,

равная половине глубины погружения лопасти, м;

$A = L d_1 n_1$  – площадь лопастей, м<sup>2</sup>;

$L$  – длина лопасти, м;

$d_1$  – ширина лопасти, м;

$n_1$  – количество лопастей;

$\chi = \arctg(f_l)$  – угол трения материала по

лопасти, град.;

$\alpha_1$  – угол наклона лопасти к плоскости

вращения, град.;

$f_l$  – коэффициент трения материала по лопасти.

Реализация указанных выражений в виде компьютерной программы позволила рассчитать мощность, потребляемую на рабочий процесс. Результаты сходимости расчетных и опытных значений мощности приведены на рис. 2.

Общие тенденции опытной и расчетной кривой схожи, а значения достаточно близки. Горизонтальные площадки на графиках связаны с уровнями материала, соответствующими зазорам между кожухами. При массе компонентов 0...20 кг – заполнение бункера ниже нижнего кожуха, при 70...90 кг – заполнение бункера между нижним и верхними кожухом; заполнение бункера 130...140 кг – около верха верхнего кожуха [14].

Однако прирост потребной мощности на рабочий процесс шнека у экспериментальной зависимости несколько выше теоретической. На наш взгляд, это связано с пересыпанием корма между винтом и кожухом, дополнительным трением вследствие двузаходности шнека. Указанные условия улучшают перемешивание компонентов, однако увеличивают энергоёмкость транспортировки корма.

Для практических расчетов можно использовать и расчетное скорректированное значение мощности  $N_k$  (Вт) на рабочий процесс:

$$N_k = 0,7333M, \quad (11)$$

где  $M$  – масса смешиваемых компонентов, кг.

### Выводы

Таким образом, приведенные выражения позволяют с достаточной точностью определить величину потребной мощности на рабочий процесс предлагаемого смесителя.

## Список литературы

- [1] Сыроватка, В.И. Ресурсосбережение при производстве комбикормов в хозяйствах. //Техника и оборудование для села.– 2011.– № 6.–С. 22–25.
- [2] Сыроватка, В.И. Новые технические решения приготовления комбикормов в хозяйствах. /В.И. Сыроватка, Н.В. Обухова, А.С. Комарчук //Кормопроизводство.– 2010.– № 7.–С. 42–45.
- [3] Коновалов, В.В. Концентрированные корма обогащенные жиром /В.В. Коновалов, А.А. Курочкин, К.М. Мишин //Сельский механизатор.– 2003.– № 1.–С. 30.
- [4] Новиков, В.В. Определение объемного расхода экструдата в зоне прессования одношнекового пресс-экструдера /В.В. Новиков, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, Н.А. Харьбина, Д.Н. Азиаткин //Вестник Алтайского государственного аграрного университета.– 2011.– № 1 (75).–С. 91–94.
- [5] Коновалов, В.В. Моделирование процесса непрерывного приготовления смеси смесителем-дозатором экструдера /В.В. Коновалов, В.В. Новиков, Д.Н. Азиаткин, А.С. Грецов //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.– 2013.– № 3.–С. 72–78.
- [6] Механизация и технология производства продукции животноводства /В. Коба, Н. Брагинец, Д. Мурусидзе, В. Некрашевич.–М.: Колос, 1999.– 528 с.
- [7] Бормотов, А.Н. Математическое моделирование структуры композитов в виде рациональных функций по краевым точкам области планирования /А.Н. Бормотов, И.А. Прошин, С.В. Тюрденева // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс.– 2013.– № 12 (16).–С. 272–280.
- [8] Бормотов, А.Н. Многокритериальный синтез сверхтяжелого композита /А.Н. Бормотов, И.А. Прошин //Вестник Брянского государственного технического университета.– 2009.– № 4.–С. 29–36.
- [9] Бормотов, А.Н. Метод построения многофакторных нелинейных моделей на примере математического моделирования композитов специального назначения //А.Н. Бормотов, И.А. Прошин //XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс.– 2013.– № 12 (16).–С. 264–271.
- [10] Коновалов В.В. Аналитическое определение параметров лопастных смесителей для турбулентного перемешивания сухих смесей /В.В. Коновалов, А.В. Чупшев, В.П. Терюшков, Г.В. Шабурова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.– 2012.– № 1.–С. 135–136.
- [11] Коновалов, В.В. Определение поправочных коэффициентов подачи вертикального шнека /В.В. Коновалов, И.А. Боровиков, С.В. Гусев //Вестник Саратовского ГАУ.– 2007.– № 3.–С. 43–45.
- [12] Подъемно-транспортные машины / В.В. Красников.–М.: Агропромиздат, 1987.– 270 с.
- [13] Коновалов, В.В. Расчет оборудования и технологических линий приготовления кормов.–Пенза, РИО ПГСХА.– 2002.– 206 с.
- [14] Коновалов, В.В. Обоснование технологических параметров смесителя кормов /В.В. Коновалов, В.П. Терюшков, И.А. Боровиков, С.В. Гусев //Нива Поволжья.– 2006.– № 1.–С. 27–29.
- [15] Курочкин, А.А. Дипломное проектирование по механизации переработки продукции животноводства. /А.А. Курочкин, В.М. Зимняков, В.В. Ляшенко, В.С. Парфенов, И.А. Спицын: Учебное пособие.– Пенза: Пензенская ГСХА, 1998.– 250 с.
- [16] Курочкин, А.А. Дипломное проектирование по механизации переработки сельскохозяйственной продукции. /А.А. Курочкин, И.А. Спицын, В.М. Зимняков, Г.В. Шабурова, А.Ю. Сергеев. Под ред. А.А. Курочкина.–М.: КолосС, 2006.– 424 с.
- [17] Курочкин, А.А. Обоснование рациональных параметров шнека пресс-экструдера в зоне загрузки /А.А. Курочкин, В.В. Новиков //XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс.– 2013.– № 06 (10).–С. 123–127.
- [18] Курочкин А.А. Теоретическое обоснование применения экструдированного сырья в технологиях пищевых продуктов /А.А. Курочкин, П.К. Воронина, Г.В. Шабурова.–Пенза, 2015.– 182 с.
- [19] Оборудование перерабатывающих производств /А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, В.М. Зимняков, П.К. Воронина.–М.: ИНФРА-М, 2015.– 363 с.
- [20] Фролов, Д.И. Обоснование оптимальной частоты вращения рабочего органа ботвоудаляющей машины /Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.– 2013.– № 3.–С. 18–23.
- [21] Фролов Д.И. Определение оптимальных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука /Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова//Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.–2015.–№ 1 (29).–С. 120–126.
- [22] Фролов, Д.И. Обоснование рациональных параметров ботвоудаляющей машины на посевах лука / Д.И. Фролов, С.В. Чекайкин // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Периодическое научное издание.– Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та.– 2014.– №06(22).–С.159-162.
- [23] Фролов, Д.И. Анализ работы ботвоудаляющего рабочего органа с оптимизацией воздушного потока внутри кожуха/Д.И. Фролов//Инновационная техника и технология. – 2014. – № 4 (01). С. 30–35.

- [24] Курочкин, А. А. Технология производства кормов на основе термо-вакуумной обработки отходов с/х производства/А. А. Курочкин, Д. И. Фролов//Иновационная техника и технология. –2014. – № 4 (01). С. 36–40.
- [25] Фролов, Д. И. Повышение питательности экструдированных кормов для животных / Д. И. Фролов, В. А. Никишин // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 7. № 4. С. 98-101.
- [26] Авроров, В. А. Теоретическое исследование условий движения обрабатываемого материала в одношнековом экструдере с модернизированной матрицей / В. А. Авроров, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов, П. К. Воронина, В. В. Ловцева // Пищевая промышленность и агропромышленный комплекс: Достижения, проблемы, перспективы: сборник статей VIII Международной научно-практической конференции. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2014. – С. 3-8.
- [27] Фролов, Д. И. Теоретическое описание процесса взрывного испарения воды в экструдере с вакуумной камерой/, Д. И. Фролов, А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, П. К. Воронина // Иновационная техника и технология. –2015. – № 1 (02). С. 29–34.
- [28] Коновалов, В. В. Методология проектирования смесителей-увлажнителей сыпучих пищевых продуктов / В. В. Коновалов, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: Периодическое научное издание.– Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та.– 2014.– №06(22).– С.190-197.
- [29] Чекайкин, С. В. Актуальное направление в совершенствовании зерносушилок контактного типа / С. В. Чекайкин, А. А. Курочкин, Д. И. Фролов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: сборник научных трудов международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ф. Х. Бурумкулова / редкол. : Сенин П. В. [и др.] – Саранск : 2016. – С.344–347.
- [30] Фролов, Д. И. Применение модернизированной ботвоудаляющей машины для скашивания люцерны/, Д. И. Фролов // Иновационная техника и технология. –2015. – № 1(02). С. 45–49.
- [31] Курочкин, А.А. Поликомпонентный экструдат на основе зерна пшеницы и семян рапсовидной пятистной /А.А. Курочкин, Д.И. Фролов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. –2015. –№ 4. –С. 76–81.

## CALCULATION OF POWER DRIVE AUGERVANE BODY MIXER

*Konovalev V.V., Borovikov I.A., Teryushkov V.P.*

---

The paper describes the vertical batch mixer with a screwblade working body working in stepwise mode, the preparation of portions of dry mixture, as well as a formula allowing for a calculation of power to drive the working body of the mixer.

**Keywords:** *mixer mixing step, the screw-blade actuator, power mixer, auger mixer.*

---

### References

- [1] Syrovatka, V.I. Efficient use of resources in the production of mixed feed on farms. // Machinery and equipment for the village. – 2011. – № 6. – Pp. 22–25.
- [2] Syrovatka, V.I. New technical solutions preparation of compound feed on farms. / IN AND. Syrovatka, N. V. Obukhov, A. S. Komarchuk // Grassland. – 2010. – № 7. – P. 42–45.
- [3] Konovalev, V.V. Concentrated feed enriched fat /V.V. Konovalev, A.A. Kurochkin, K.M. Mishin //Rural mechanic. – 2003. – № 1. – P. 30.
- [4] Novikov, V. V. Determination of the volumetric flow rate of the extrudate in the compression zone of a single-screw extruder press /V.V. Novikov, A.A. Kurochkin, G. V. Shaburova, N.A. Kharybina, D.N. Aziatkin // Herald of Altai State Agrarian University. – 2011. – № 1 (75). – P. 91–94.
- [5] Konovalev, V.V. Simulation of the process of continuous compounding extruder, mixer-dispenser /V.V. Konovalev, V.V. Novikov, D.N. Aziatkin, A.S. Gretsov //Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. – 2013. – № 3. – P. 72–78.
- [6] Mechanization and livestock production technology /V. Koba, N. Braginets, D. Murusidze, V. Nekrashevich. – M.: Kolos, 1999. – 528 p.
- [7] Bormotov, A.N. Mathematical modeling by the boundary points of the planning area composite structure in the form of rational functions /A.N. Bormotov, I.A. Proshin, S. V. Tyurdeneva //XXI century: the results of past and present problems plus. – 2013. – № 12 (16). – P. 272–280.
- [8] Bormotov, A.N. Multicriteria synthesis of superheavy composite /A.N. Bormotov, I.A. Proshin //Herald Bryansk State Technical University. – 2009. – № 4. – P. 29–36.

- [9] Bormotov, A. N. The method of constructing multivariate non-linear models by the example of mathematical modeling of composites for special purposes /A.N. Bormotov, I.A. Proshin // XXI century: the results of past and present problems plus.– 2013.– № 12 (16).–P. 264–271.
- [10] Konovalov, V.V. Analiticheskoe opredelenie parametrov lopastnyh smesitelej dlja turbulentnogo peremeshivaniya suhih smesej /V.V. Konovalov, A. V. Chupshev, V. P. Terjushkov, G. V. Shaburova //Vestnik Uljanovskoj gosudarstvennoj selskohozjajstvennoj akademii.– 2012.– № 1. P. 135–136.
- [11] Konovalov, V.V. Determination of correction factors the vertical feed screw / V.V. Konovalov, I.A. Borovikov, S. V. Gusev // Bulletin of the Saratov State Agrarian University.– 2007.– № 3.–P. 43–45.
- [12] Handling machinery /V.V. Krasnikov.–M.: Agropromizdat, 1987.– 270 p.
- [13] Konovalov, V.V. Calculation of equipment and technology of feed preparation lines.–Penza, RIO PGSKHA.– 2002.– 206 p.
- [14] Konovalov, V.V. Substantiation of technological parameters of feed mixer. /V.V. Konovalov, V. P. Teryushkov, I.A. Borovikov, S. V. Gusev //Volga Niva.– 2006.– № 1.–P. 27–29.
- [15] Kurochkin, A.A. Diploma engineering for mechanization of processing of livestock products. / A.A. Kurochkin, V.M. Zimnyakov, V.V. Lyashenko, V.S. Parfenov, I.A. Spitsyn: a Training manual.– Penza: Penza state agricultural Academy, 1998.– 250 p.
- [16] Kurochkin, A.A. Diploma engineering for mechanization of processing of agricultural products. /A.A. Kurochkin, A. I. Spitsyn, V.M. Zimnyakov, G. V. Shaburova, A. Yu. Ed. by A. A. Kurochkin.–M.: Koloss, 2006.– 424 p.
- [17] Kurochkin, A.A. Substantiation of rational parameters of the screw press-extruder in the loading zone / A.A. Kurochkin, V.V. Novikov //XXI century: results and problems of the past with plus.– 2013.– № 06 (10).–P. 123–127.
- [18] Kurochkin, A.A. The theoretical rationale for the use of the extruded raw material in food technology /A.A. Kurochkin, P.K. Voronina, G. V. Shaburova //Monograph, 2015.– 182 p.
- [19] Hardware processing industries /A.A. Kurochkin, G. V. Shaburova, V.M. Zimnyakov, P.K. Voronina.–M.: INFRA-M, 2015.– 363 p.
- [20] Frolov, D. I. A study of the optimal frequency of rotation of the working body batouala machine /D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, G. V. Shaburova //Bulletin Samara state agricultural Academy.– 2013.–No. 3.–P. 18–23.
- [21] Frolov D.I. Determination of the optimal parameters batouala machine for sowing Luke /D. I. Frolov, A.A. Kurochkin, G. V. shaburova//Bulletin of the Ulyanovsk state agricultural Academy.–2015.–№ 1 (29).– pp. 120–126.
- [22] Frolov, D.I. Substantiation of rational parameters of batouala machine for sowing Luke / D.I. Frolov, S.V. Chekalkin // XXI century: the results of the past and challenges of the present plus: a scientific Periodical.–Penza: Publishing house Penz. GOS. tekhnol. University.– 2014.– № 06(22).–pp. 159–162.
- [23] Frolov, D. I. Analysis of work botopasie working on optimizing the air flow inside the casing/D. I. Frolov// Innovative technology.– 2014.– № 4 (01). pp. 30–35.
- [24] Kurochkin, A. A. The Technology of production of feed based on the thermo-vacuum treatment of waste of agricultural production/A. A. Kurochkin, D.I. Frolov// Innovative machinery and technology.–2014.– № 4 (01). pp. 36–40.
- [25] Frolov D.I., Nikishin V.A. improvement of the nutritional value of the extruded animal feed // proceedings Sworld. 7. No. 4. pp. 2014.
- [26] Avrorov, V.A. Theoretical study of the conditions of movement of the processed material in a single screw extruder with the upgraded matrix / V.A. Avrorov, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov, P.K. Voronina, V.V. Lovchev // Food industry and agriculture: Achievements, problems, prospects: collection of articles VIII International scientific-practical conference.–Penza: Privolzhsky House of knowledge, 2014.–pp. 3–8.
- [27] Frolov, D. I.: Theoretical description of the process of explosive evaporation of water in the extruder with vacuum chamber/, D.I. Frolov, A. A. Kurochkin, G. V. shaburova, P.K. Voronina //Innovative machinery and technology–2015.– № 1 (02). pp. 29–34.
- [28] Konovalov, V. V. design Methodology of mixers, moisturizers loose food products / V.V. Konovalov, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov // XXI century: the results of the past and challenges of the present plus: a scientific Periodical.–Penza: Publishing house Penz. GOS. tekhnol. University.– 2014.– № 06(22).–pp. 190–197.
- [29] Chebykin, S. V. the Current direction in the improvement of grain dryers of the contact type / S. V. Chebykin, A.A. Kurochkin, D.I. Frolov // energy-saving technologies and systems: collection of scientific works of international scientific-practical conference dedicated to the memory of doctor of technical Sciences, Professor F.H. Burumkulova / redkol.: Senin P. V. [et al.]–Saransk: 2016.–pp. 344–347.
- [30] Frolov, D. I. improving the nutritional value of the extruded animal feeds / D. I. Frolov, V. A. Nikishin // Collection of scientific works Sworld. 2014. Vol. 7. No. 4. Pp. 98-101.
- [31] Kurochkin, A. A. Multicomponent extrudate based on wheat and milk Thistle seed /A. A. Kurochkin, D. I. Frolov // proceedings of the Samara state agricultural Academy. –2015. – No. 4. –P. 76-81.