

of graduates. The specialty 05.13.10. The dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical sciences. Astrakhan – 2012.

5. A. V. Gerasimova, O. M. Shikulskaya Models of the competence life cycle ; International scientific-practical journal No11 – Vol.30 – 2014-Part 4- pp. 5-7.

6. Zaripova V., Petrova I. Knowledge-Based Support for Innovative Design on Basis of Energy-Information Method of Circuits ;Proceedings of the 11th Joint Conference, JCKBSE 2014, Volgograd, Russia, September 17-20, (2014), Communications in Computer and Information Science, Vol. 466 (2014), pp.521-532.

7. Zaripova V., Petrova I. System of Conceptual Design Based on Energy-Informational Model; Progress in systems engineering, Proceedings of the the 23rd International Conference on Systems Engineering, August, 2014, Las Vegas, NV, Series: Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 1089 2015, pp.365-373.

8. Shikulska O. M., Gerasimov V. A. Information system of forming the competence structure of the basic educational program, Russia, Certificate of computer program registration № 2015616778, 23.06.2015.

**УДК 631.331.5**

*Дёмин С.Б., Синёнков Д.В.*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ БУНКЕРА И ТРАНСПОРТНЫХ ОКОН НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БУНКЕРА СЕЯЛОК**

*Demín S.B., Sinenkov D.V.*

## **MODELLING OF INFLUENCE OF PARAMETERS OF THE BUNKER AND TRANSPORT WINDOWS ON PRODUCTIVITY OF THE BUNKER OF SEEDERS**

***Аннотация.** В статье обоснована целесообразность исследования производительности бункерного устройства для высевających агрегатов методом математического моделирования. Произведена группировка факторов, влияющих на производительность бункера высевającego агрегата. Определены ограничения в построении математической модели бункера высевającego агрегата. Проведен сравнительный анализ существующих математических моделей бункерных устройств. Определены их недостатки и доказано преимущество предлагаемой математической модели. Приведены результаты исследования влияния параметров бункера и транспортных окон на производительность бункера высевających агрегатов. Даны рекомендации по выбору их основных параметров при заданной норме высева посевной культуры.*

**Ключевые слова:** бункер, транспортные окна, производительность бункера высевającego агрегата, математическое моделирование.

**Abstract.** *In article feasibility of research of performance of the bunker device for the sowing aggregates is proved by method of mathematical modeling. The group of the factors influencing performance of the bunker of the sowing aggregate is made. Organicheniye in creation of mathematical model of the bunker of the sowing aggregate are determined. The comparative analysis of the existing mathematical models of bunker devices is carried out. Their shortcomings are determined and the benefit of the offered mathematical model is proved.*

*Results are given influences of parameters of the bunker and transport windows on performance of the bunker of the sowing aggregates are researched. Recommendations about the choice of their key parameters in case of the set regulation of seeding of sowing culture are made.*

**Key words:** *the bunker, transport windows, performance of the bunker of the sowing aggregate, mathematical modeling.*

**Введение.** Стремление повысить эффективность посева посевных культур посредством высевающих агрегатов – сеялок, в условиях жесткой конкуренции на внутреннем и внешнем рынках заставляет производителей подобной продукции совершенствовать известные конструкции данных устройств и разрабатывать новые. Базовым «входным» узлом высевающих агрегатов является бункер, который представляет собой емкость заданного типоразмера и формы, предназначенной для кратковременного хранения, в данном случае, посевной культуры последующего высевания.

Бункерные устройства, как накопительные емкости, широко применяются для хранения сыпучих материалов и в других отраслях промышленности [1-3]. Их конструктивная схема и параметры транспортных окон определяют производительность всей цепи транспортного устройства в целом. Должны исключаться «заторы» при движении транспортируемой среды или их обрушения. Поэтому, проблемы исследования бункерных устройств, в данном случае, для высевающих агрегатов (сеялок), остаются сегодня актуальными.

**Постановка задачи.** Одним из эффективных методов исследования в настоящее время является метод математического моделирования, позволяющий, не прибегая к сложным и затратным физическим экспериментам, получить огромный объем вычислительных данных объекта.

**Методы исследования.** Проведем исследование производительности бункерного устройства для высевающих агрегатов методом математического моделирования.

### **Моделирование производительности бункера сеялок**

Производительность бункера высевающего агрегата, как одного из элементов транспортного механизма, зависит от ряда факторов, а именно:

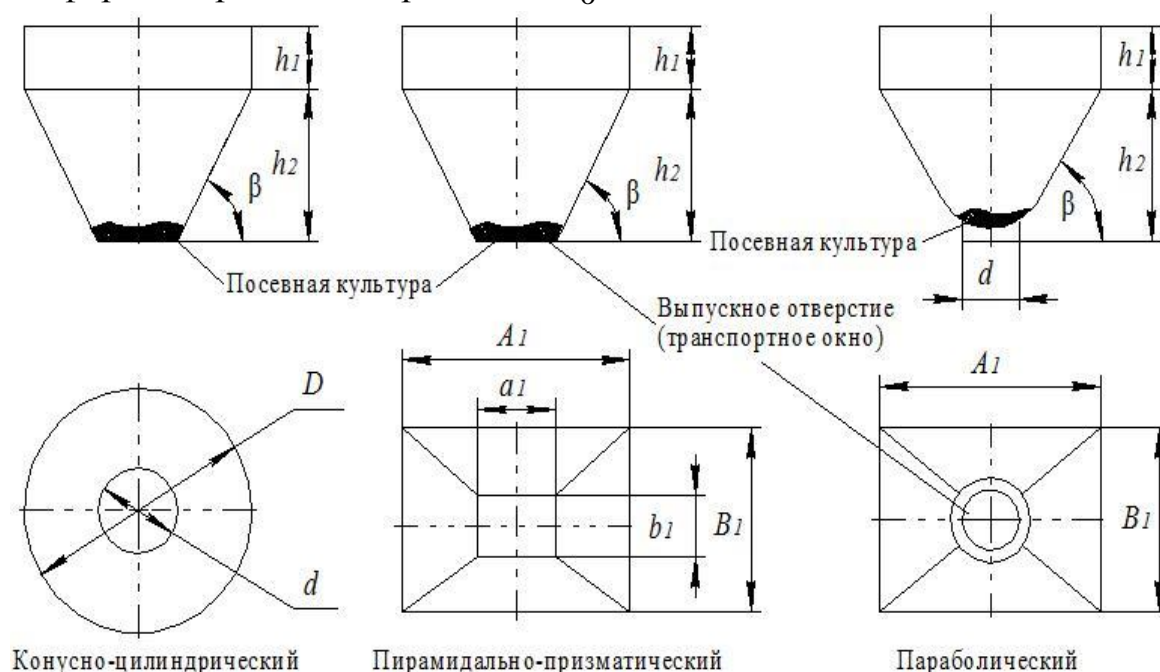
- соответствие геометрического объема бункера сеялок требуемой норме посева посевной культуры при требуемой производительности;
- отсутствие зон торможений («заторов») посевной культуры на наклонных стенках бункера;

- беспрепятственный выпуск посевной культуры через транспортные окна бункера и транспортного узла сеялок.

В настоящее время в высевающих агрегатах применяются 3 основных вида бункеров, которые позволяют обеспечить приемлемые показатели производительности [4]. Это конусно-цилиндрические, пирамидальные и параболические бункеры, формы которых приведены на рисунке 1.

На производительность бункера высевающих агрегатов влияют геометрическая форма и размер посевной культуры, агрегатное состояние. В [5] отмечено, что посевные культуры близки по форме к эллипсу, трапеции, тетраэдру или многогранной фигуре, как показано на рисунке 2, что позволяет их рассматривать как фигуру шара с диаметром  $d_0$  при моделировании.

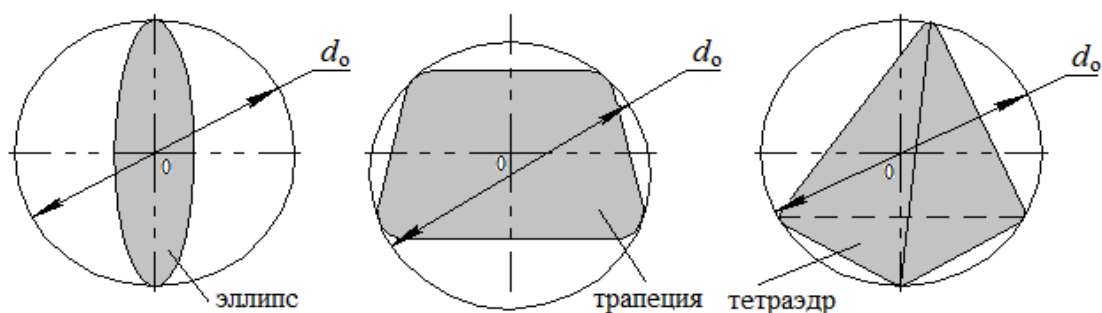
Анализируя формы выполнения бункеров высевающих агрегатов (см. рис. 1), можно сказать, что конусно-цилиндрическая форма снижает вероятность образования «затора» посевной культуры, форма транспортного окна которой близка к форме шара с диаметром  $d \gg d_0 = 6 - 10$  мм.



**Рисунок 1** – Виды бункеров высевающих агрегатов (сеялок):

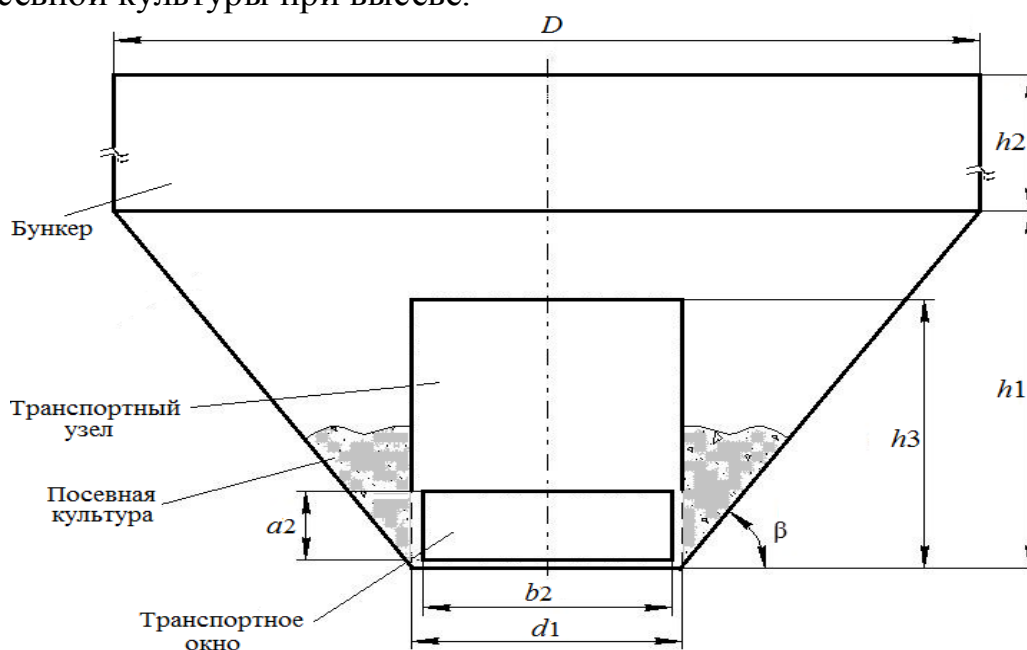
$a_1, b_1, d$  – размеры выпускного отверстия (транспортного окна) бункера,  $A_1, B_1, D$  – размеры загрузочной части бункера,  $\beta$  – угол наклона стенок бункера,  $h_1, h_2$  – высота верхней и нижней частей бункера

Кроме того, здесь отсутствуют вертикальные или наклонные ребра жесткости, являющиеся источниками повышенного «внешнего» трения посевной культуры при ее движении по бункеру. Анализ производительности бункера высевающих агрегатов как объекта математического моделирования проводился в работах Даманского И.В., Фиалкова Б.С., Горюшинского И.В., Исаева В.С., Прошунина Ю.Е. [6-8] и др.



**Рисунок 2** - Геометрические формы посевных культур

В известных математических моделях бункерных устройств указанных авторов не отражено влияние физических процессов на производительность бункера. Не учитываются насыпная плотность посевного материала как переменная величина, имеющая место при дозагрузке бункера, его геометрические параметры, влияющие на скорость высева. Не отражаются боковые вертикальные давления посевной культуры при высеве.



**Рисунок 3** - Расчетная схема бункера высевающего агрегата:  $a_2, b_2$  – высота и длина транспортных окон,  $d_1, h_3$  – наружный диаметр и высота транспортного узла

Все это не позволяет провести анализ производительности бункера высевающего агрегата заданной формы с требуемой адекватностью.

Для этого требуется разработать математическую модель производительности конусно-цилиндрического бункера (рисунок 3) повышенной точности.

Примем следующие ограничения для математической модели бункера высевающего агрегата:

- для свободного схода посевной культуры с наклонных стенок бункера минимальный угол их наклона выбирается из условия  $tg \beta \geq \mu$ , здесь  $\mu$  – коэффициент «внешнего» трения массы посевной культуры [1];

- движение посевных культур в бункере при высеве происходит поступательно, т.е. отсутствуют вращательные движения;
- скорость движения и насыпная плотность посевной культуры по объему бункера принимаются за постоянные величины на некотором интервале времени  $t$ ;
- температура и влажность посевной культуры не учитываются.

С учетом рассмотренных ограничений, математическая модель производительности конусно-цилиндрического бункера с заданным количеством  $n$  транспортных окон при площади  $S_{\text{то}} = (a_2 - d_0)(b_2 - d_0)$  и объеме бункера (см. рис. 3)

$$V_{\text{б}} = \frac{\pi P_{\text{бд}} \cdot K_1}{3\gamma_{\text{н}} t g^2(90^\circ - \varphi)} + \frac{\pi D^2 P_{\text{в}}}{4\gamma_{\text{н}}}, \quad (1)$$

будет описываться следующим выражением:

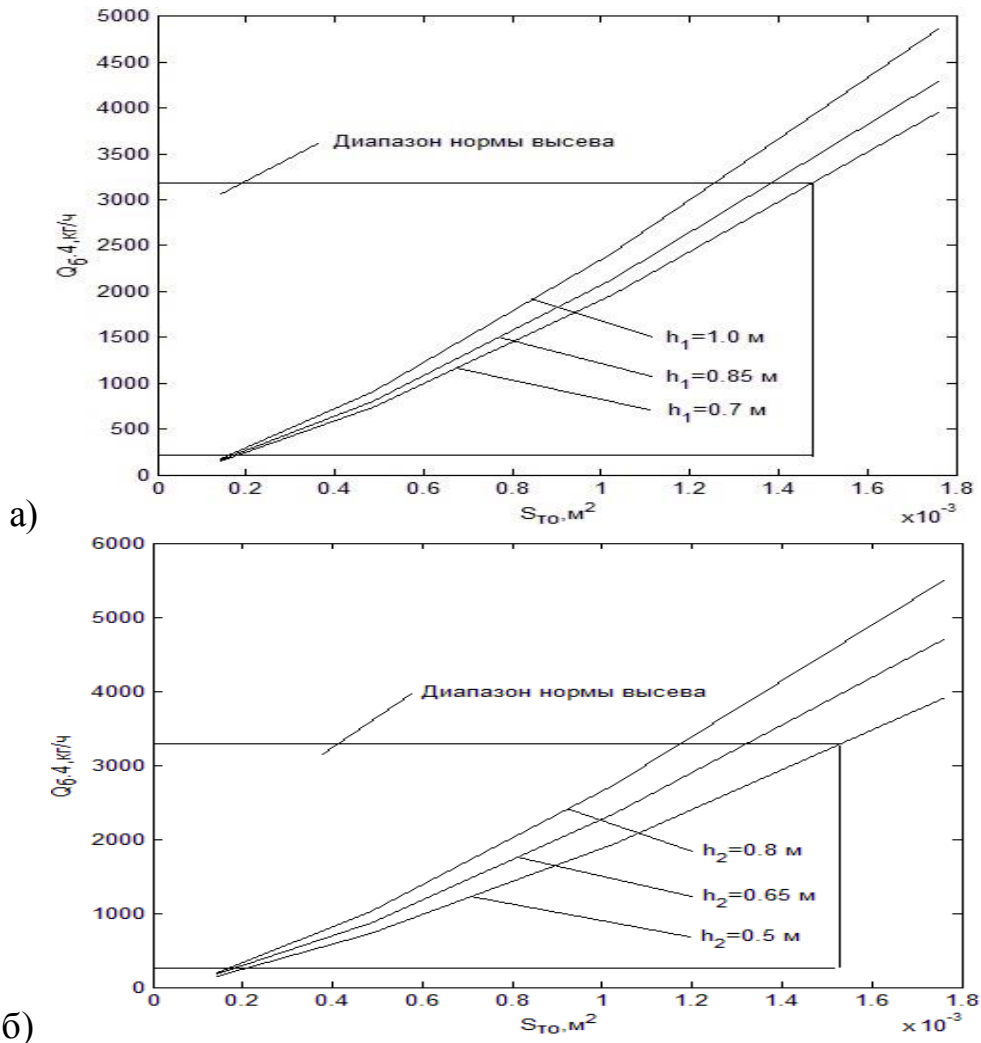
$$Q_{\text{б}} = k_0 \lambda_1 \cdot \frac{h_1 K_1 + \frac{\pi D^2 h_2}{4} - V_{\text{шп}}}{n S_{\text{то}} \cos \beta t_1} n S_{\text{то}} \gamma_{\text{н}} k_4 - \Delta Q_{\text{б}}, \quad (2)$$

где  $K_1 = [D^2/4 + (D/2)(d_1/2) + d_1^2/4]$ ,  $P_{\text{бд}} = \frac{h_1}{\pi} 3\gamma_{\text{н}} \cdot t g^2(90^\circ - \varphi)$  – боковое

давление движущейся массы посевной культуры,  $\gamma_{\text{н}}$  – насыпная плотность посевной культуры,  $\varphi$  угол транспортирования посевной культуры в бункере,  $P_{\text{в}} = h_2 \gamma_{\text{н}}$  – вертикальное давление движущейся массы посевной культуры,  $k_0$  – нормирующий коэффициент,  $\lambda_1$  – коэффициент истечения посевной культуры,  $V_{\text{шп}} = \pi d_1^2 h_3$  – наружный объем транспортного узла,  $t_1$  – время истечения посевной культуры из бункера,  $k_4$  – коэффициент целостности семян посевной культуры при проходе через транспортные окна в единицу времени  $t$ ,  $\Delta Q_{\text{б}}$  – потери посевной культуры в бункере при высеивании.

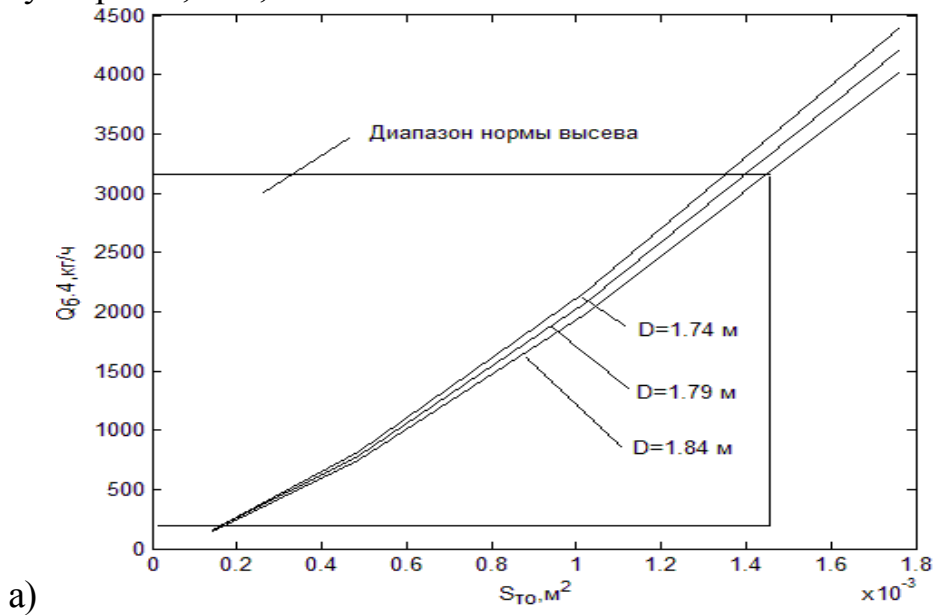
Потери  $\Delta Q_{\text{б}}$  посевной культуры возможны по следующим основным причинам за счет повышенной влажности посевной культуры, ведущей к слипанию и прилипанию посевной культуры к стенкам бункера; наличия неровностей и повышенной шероховатости стенок бункера; выбора критических углов  $\beta$  наклона стенок бункера; различной степени связности посевной культуры; слёживаемости посевной культуры, и не превышают 0,1-0,3% [4, 8, 9].

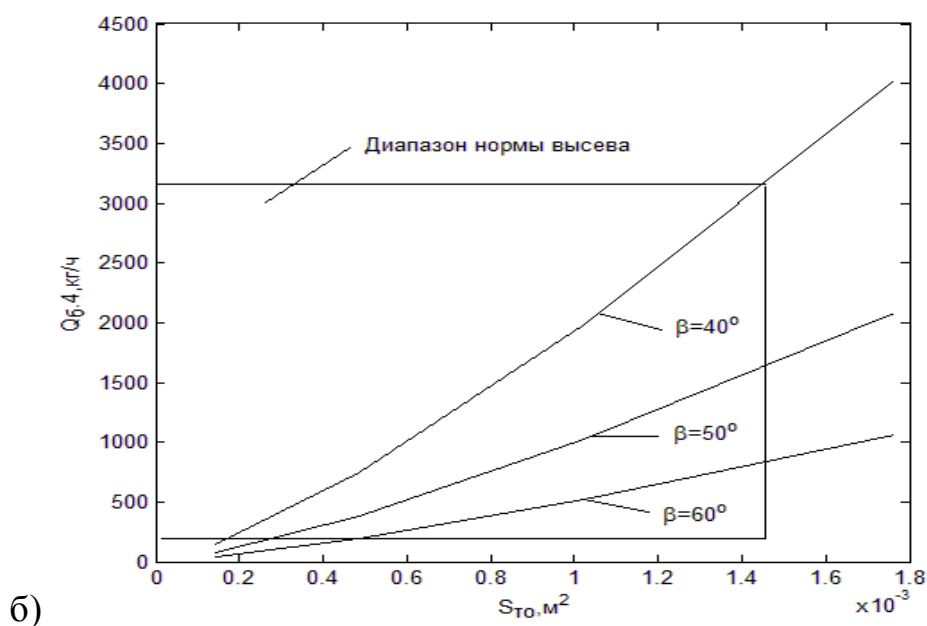
Результаты математического исследования производительности конусно-цилиндрического бункера высеивающего агрегата (сеялки) по предложенной математической модели приведены на рисунках 4 и 5.



**Рисунок 4** - Зависимости  $Q_0 = f(S_{TO})$  а) для нижней части бункера высотой  $h_1$ , б) для верхней части бункера высотой  $h_2$

Используя данные [9], определены допустимые диапазоны норм высева посевной культуры высевающих агрегатов, равные 220-3168 кг/ч при производительности бункеров 1,0-14,4 га/ч.





**Рисунок 5** – Зависимости  $Q_b = f(S_{то})$  а) от диаметра  $D$  верхней части бункера высотой  $h_1$ , б) от угла  $\beta$  наклона стенок нижней части бункера высотой  $h_2$

**Вывод.** Исследование математической модели производительности конусно-цилиндрического бункера высеивающего агрегата (сеялки) позволяет сделать следующие основные выводы.

1. Увеличение размеров  $h_1$  и  $h_2$  бункера в его нижней и верхней частях требует увеличения площади  $S_{то}$  транспортных окон при заданной норме высева посевной культуры.

2. Увеличение диаметра  $D$  верхней части бункера и уменьшение угла  $\beta$  наклона стенок нижней его части снижает производительность и нуждается в увеличении площади  $S_{то}$  транспортных окон при заданной норме высева посевной культуры.

3. Наиболее значимыми величинами, влияющими на производительность конусно-цилиндрических бункеров высеивающих агрегатов (сеялок), являются угол  $\beta$  наклона стенок его нижней части, высоты  $h_2$  верхней загрузочной части бункера и размера  $S_{то}$  площади транспортных окон.

#### Библиографический список:

1. Горюшинский, И.В. Емкости для сыпучих грузов в транспортно-грузовых системах/ И.В. Горюшинский, И.И. Кононов, В.В. Денисов, Е.В. Горюшинская, Н.В. Петрушкин// Под общей редакцией И.В. Горюшинского. Самара: САМ-ГАПС, 2003. – 232 с.
2. Богомягких, В.А. Статическая теория истечения сыпучих тел/ В.А. Богомягких, В.С.Кунаков, А.И. Пахайло. Зерноград: ВНИПТИМЭСХ, 1997. -150 с.

3. Богомягих В.А. Статическое сводообразование зерновых материалов в бункерах и способы его устранения/ В.А. Богомягих, В.А. Зацаринный, В.К. Шевкун, Е.В. Рудик, А.Н. Каплунов. Ростов –на-Дону: «Терра», 2003. - 89 с.
4. Зенков, Р. Л. Бункерные устройства/ Р.Л. Зенков, Г.П. Гриневич, В.С. Исаев. М.: Машиностроение, 1966.224 с.
5. Хайлис Г. А. Механико-технологические свойства сельскохозяйственных материалов. – Луцк: ЛГТУ, 1998. – 268 с.
6. Даманский И.В. Машины и аппараты химических производств/ И.В. Даманский, В.П. Исаков, Г.М. Островский// Под общей ред. В.Н. Соколова. – Л.: Машиностроение, 1982. – 230 с.
7. Прошунин Ю.Е. О построении детерминированной математической модели истечения углеродсодержащих сыпучих материалов// Горный журнал. – 2004. №10. С.82-84.
8. Фиалков Б.С. Управление истечением сыпучих материалов/ Б.С. Фиалков, В.Т. Плицын, В.Е. Максимов. – Алма-Ата: Наука, 1981.148 с.
9. Нуйкин А.А. Посевные и посадочные машины/ А.А. Нуйкин, Н.П. Ларюшин. – Пенза: ПензАГРОТЕХсервис, 2005. – 164 с.

#### References:

1. Goryushinskogo I. V. Containers for bulk cargo transport-cargo systems/ I. V. Goryushinskogo I. I. Kononov, V. V. Denisov, E. V. Goryushinskogo, N. In. Petrushkin// Under the General editorship of I. V. Goryushinskogo. Samara: SMAPS, 2003.232p.
2. Bogomyagky V. A. Static theory of the expiration of granular materials. V. A. Bogomyagky B. C. Kunakov, A. I., Philo. Zernograd: FARM, 1997. 150 p.
3. Bogomyagky V. A., Static svoeobraznaya grain materials in bunkers, and ays to eliminate, Bogomyagky, V. A., V. A. Zatsarinnyi, K. V. Shevkun, E. V. Rudic, A. N. Kaplunov. Rostovn/D: «Terra», 2003. - 89p.
4. Zenkov R. L. Bunker device L. R. Zenkov, P. G. Grinevich, V. S. Isaev. M.: Mashinostroenie,S.1966. -224 p.
5. Chilis G. A., Mechanical and technolog cal properties of agricultural materials. – Lutsk:LGTU,1998.–268p.
6. Damanski I. V. Machines and apparatus of chemical production, I. V. Yes-Mansky, V. P. Isakov, G. M. Ostrovsky, Under the General editorship of V. N. Sokolov.–L.:Engineering,1982.–230p.
7. Proshunin J. E. On the construction of a deterministic mathematical model of the expiration of carbonaceous bulk material, Mining journal. – 2004. No. 10. pp. 82-84.
8. Orris B. S. Management of expiration of bulk materials, B. S. Fialkov, V. T. Plitin,V.E.Maksimov.–Alma-ATA:Nauka,1981.-148p.
9. Nuyken A. A. Sowing and planting machines, A. A. Nuykin, N. P. Larue-Shin. – Penza: Penzagrotekhservis, 2005. – 164 p.