

УДК 004.42:67.05

## ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЁТА ДИАМЕТРА ШНЕКА СМЕСИТЕЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

<sup>1</sup>Гринев И.О., <sup>1</sup>Адигамов К.А., <sup>1</sup>Минаев А.Ю., <sup>2</sup>Черкасов Р.И., <sup>3</sup>Черненко Г.В.

<sup>1</sup>*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ,*

*Шахты, e-mail: grinstudmail@gmail.com;*

<sup>2</sup>*Ростовский юридический институт, Ростов-на-Дону;*

<sup>3</sup>*Шахтинский политехнический колледж, Шахты*

В данной статье приведены основные сведения о компьютерной программе, позволяющей выполнить расчёт диаметра шнека в зависимости от таких параметров, как объём смешиваемых материалов, число циклов смешивания, частота вращения шнека и трёх коэффициентов, которые отражают отношение внутреннего диаметра к внешнему диаметру, отношение шага шнека к внешнему диаметру, загрузку шнека. В статье приводятся основные теоретические сведения о принципе работы шнекового смесителя, его схема, а также формула для расчёта диаметра шнека, которая реализуется в программном коде. Кроме того, приведены графики зависимостей, отражающих изменение выходного значения диаметра шнека от изменения коэффициентов, используемых при его расчёте. Программа состоит из трёх блоков: main, mainwindow, mainwindow.ui. В блоке main осуществляется создание тела основного окна программы. В блоке mainwindow осуществляется основной алгоритм расчёта диаметра шнека в соответствии с приведённой в теории формулой. В блоке mainwindow.ui реализуется графический интерфейс программы, в нём задаются размеры окон для введения переменных, их расположение в главном окне, вспомогательные описания. Программа для расчёта диаметра шнека реализована на языке программирования C++ в среде разработки Qt Creator. Приведён пример расчёта диаметра шнека при заданных параметрах, который показывает, что данная программа адекватно определяет диаметр шнека в соответствии с исходными данными.

**Ключевые слова:** диаметр шнека, параметры шнека, смеситель, программа для расчёта

## PROGRAM FOR CALCULATION OF SCREW DIAMETER OF THE MIXER OF BULKS

<sup>1</sup>Grinev I.O., <sup>1</sup>Adigamov K.A., <sup>1</sup>Minaev A.Yu., <sup>2</sup>Cherkasov R.I., <sup>3</sup>Chernenko G.V.

<sup>1</sup>*Institute of the sphere services and entrepreneurship (branch) of DGTU, Shakhty,*

*Rostov Law Institute, Rostov-on-Don;*

<sup>3</sup>*Shakhty Polytechnic College, Shakhty*

This article provides basic information about the computer program that allows you to calculate the screw diameter depending on parameters such as the volume of the mixed materials, the number of mixing cycles, the screw rotation frequency and three coefficients that reflect the ratio of the inner diameter to the outer diameter, the ratio of the screw pitch to outer diameter loading. The article presents the basic theoretical information about the screw mixer, its scheme, as well as the formula for calculating the screw diameter, which is implemented in the program code. In addition, there is a plot of dependencies reflecting the change in the output value of the screw diameter against the change in the coefficients used in its calculation. The program consists of three blocks: main, mainwindow, mainwindow.ui. In the main block, the body of the main program window is created. In the mainwindow block, the main algorithm for calculating the screw diameter is performed, in accordance with the formula given in the theory. In the mainwindow.ui block, the graphical interface of the program is implemented, it specifies the sizes of the windows for entering variables, their location in the main window, and auxiliary descriptions. The program for calculating the screw diameter is implemented in the C++ programming language in the Qt Creator development environment. An example of calculating the screw diameter for the given parameters is given, which shows that this program adequately determines the screw diameter in accordance with the initial data.

**Keywords:** screw diameter, screw parameters, mixer, program for calculation

Процессы смешивания сыпучих материалов применяются в строительной промышленности, в сельском хозяйстве, в пищевом производстве и др. Для осуществления этих процессов применяются различные смесители, в том числе шнековые.

Цель исследования: создание компьютерной программы для автоматизированного расчёта диаметра шнека смесителей сыпучих материалов.

### Материалы и методы исследования

Один из таких смесителей в качестве примера показан на рис. 1 [1].

Процесс смешивания в таком смесителе происходит следующим образом. Сначала компоненты смеси через приёмник 7 загружаются в бункер 1. Затем включается привод шнека 2 (на схеме не показан) и лопасть 4 производит подачу материалов к шнеку, который захватывает смесь и перемещает её по внутренней плоскости кожуха к верхнему торцу, где она попадает на рассеиватель 6 и оттуда осыпается вниз по всей площади поперечного сечения бункера, где снова захватывается шнеком, перемещается вверх и опять осыпается вниз, за счёт чего происходит активная циркуляция смешиваемых материалов. Лопасть 4 имеет режущие элементы 5, которые могут разрушать комки из слипшихся или слежавшихся материалов.

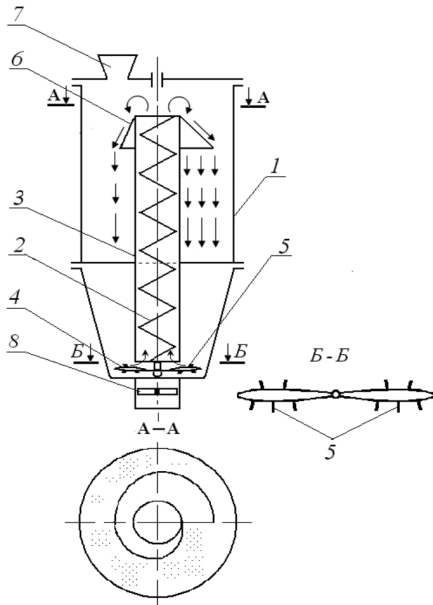


Рис. 1. Схема шнекового смесителя

На основе изучения процесса смешивания получена формула для расчёта основного параметра приведённых выше смесителей – диаметра шнека. Формула учитывает объём смешиваемых материалов, затраты времени на смешивание, частоту вращения шнека, число циркуляций смешиваемых материалов внутри бункера [2]:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4n_u \cdot V}{\pi(1-k_1^2)k_2 \cdot t_p \cdot n_{ш} \cdot k_3}}, \quad (*)$$

где  $n_u$  – число циркуляций смешиваемых кормов;  
 $V$  – объём смешиваемых кормов;  
 $n_{ш}$  – частота вращения шнека;  
 $t_p$  – затраты времени на смешивание;  
 $k_1$  – коэффициент, выражающий отношение внутреннего диаметра к внешнему;  
 $k_2$  – коэффициент, выражающий отношение шага шнека к внешнему диаметру;  
 $k_3$  – коэффициент загрузки.

Согласно теории, диапазоны значений коэффициентов  $k_1, k_2, k_3$  ограничиваются следующими значениями [3, 4]:

- $k_1$  – 0,5–0,8;
- $k_2$  – 0,5–1;
- $k_3$  – 0,1–0,9.

### Результаты исследования и их обсуждение

Для автоматизированного расчёта диаметра шнека в зависимости от параметров, приведённых выше, было реализовано программное обеспечение на языке программирования C++ [5]. В качестве среды разработки была выбрана программная среда Qt Creator – кроссплатформенная свободная интегрированная среда разработки для разработки на C, C++ и QML [6]. Окно программы приведено на рис. 2.

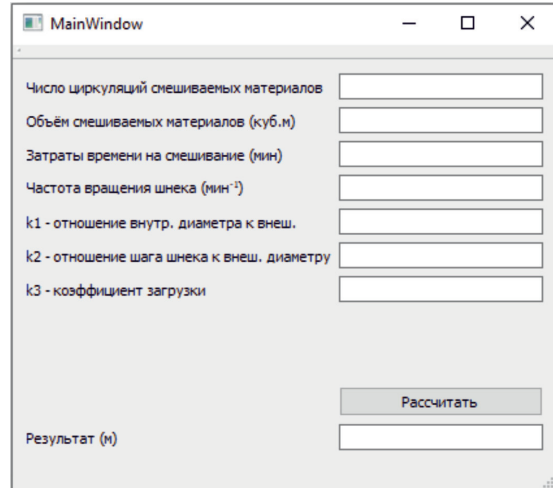


Рис. 2. Окно программы

Тело программы состоит из трёх блоков: main, mainwindow, mainwindow.ui. Блоки формируются в среде разработки Qt Creator и являются стандартными для большинства проектов, выполняемых в ней.

Блок main является точкой входа программы. В нём осуществляется создание тела основного окна программы. В данном блоке формируются классы для создания и отображения графического интерфейса, а также классы для создания алгоритма программы. Кроме того, в блоке осуществляется базовая установка оформления основного окна.

Блок mainwindow является основным блоком программы. В нём осуществляется основной алгоритм расчёта диаметра шнека, в соответствии с формулой (\*). Алгоритм представляет собой математическое выражение, дающее на выходе параметр  $D$ , который является значением диаметра шнека в метрах. Программное описание формулы (\*) выполняется по правилам синтаксиса языка программирования C++. На входе алгоритма задаются приведённые выше переменные. Вводимые коэффициенты  $k_1, k_2, k_3$  программно не ограничены и могут принимать в качестве значения любое конечное действительное число.

Блок mainwindow.ui реализует графический интерфейс программы. В нём задаётся разметка графического интерфейса. В блоке задаются размеры окон для введения переменных, их расположение в главном окне, вспомогательные описания.

Для расчёта диаметра шнека необходимо в соответствующие поля ввести входные данные, в качестве значений которых может выступать любое конечное действительное число. При вводе дробного числа необходимо разделять целую и дробную часть точ-

кой. После ввода всех значений в соответствующие поля можно произвести расчёт диаметра шнека. Начало работы алгоритма производится с нажатием кнопки «Рассчитать» в окне программы.

На основании произведённых расчётов в ходе проверки программы были построены графики зависимости, которые отражают изменения выходного значения диаметра шнека от изменения коэффициентов в рекомендуемых диапазонах. При измерении отдельных коэффициентов остальные были приняты равными среднему значению их рекомендуемых диапазонов.

На рис. 3 представлена зависимость, отражающая изменение выходного значения диаметра шнека от величины коэффициента  $k_1$ .

На рис. 4 представлена зависимость, отражающая изменение выходного значения диаметра шнека от величины коэффициента  $k_2$ .

На рис. 5 представлена зависимость, отражающая изменение выходного значения диаметра шнека от величины коэффициента  $k_3$ .

Значения диаметра шнека и коэффициента  $k_1$  представлены в табл. 1. Значения коэффициентов  $k_2$  и  $k_3$  приняты как средние значения из рекомендуемых диапазонов, т.е. 0,75 и 0,5 соответственно.

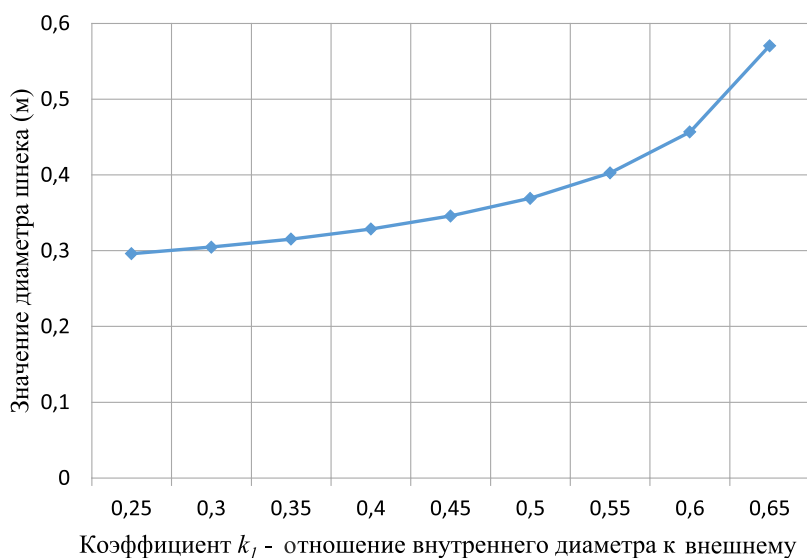


Рис. 3. Зависимость, отражающая изменение выходного значения диаметра шнека от величины коэффициента  $k_1$

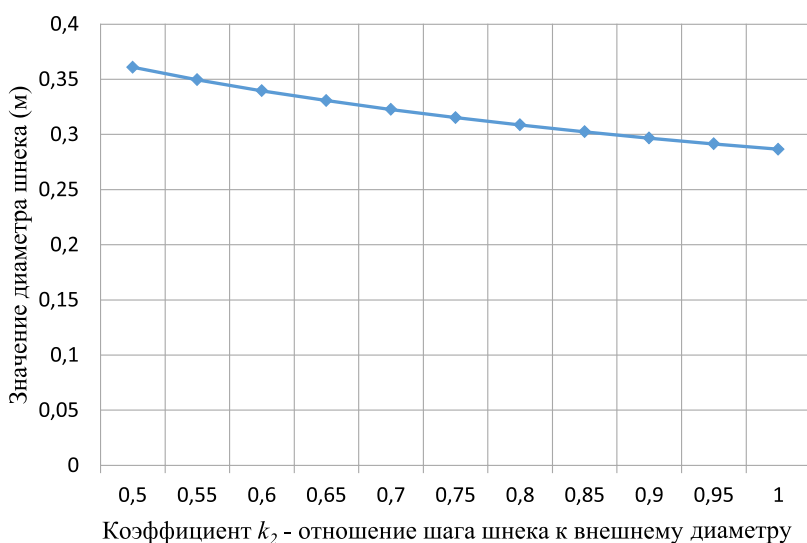


Рис. 4. Зависимость, отражающая изменение выходного значения диаметра шнека от величины коэффициента  $k_2$

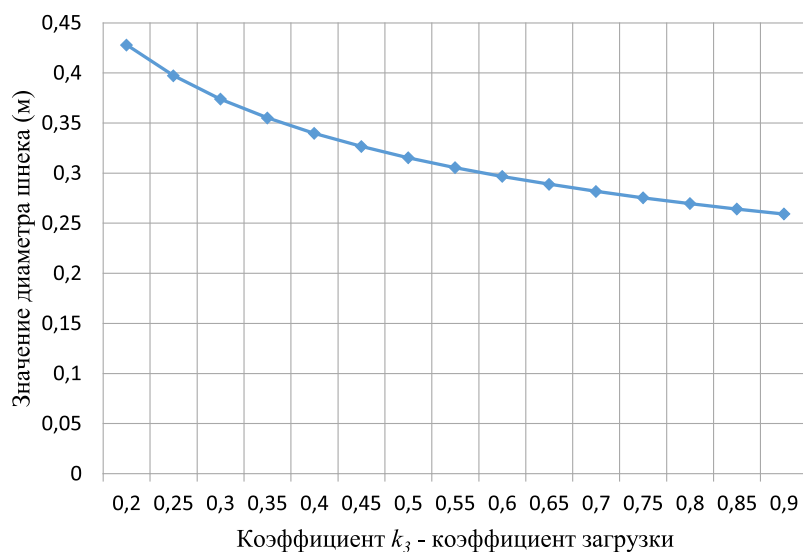


Рис. 5. Зависимость, отражающая изменение выходного значения диаметра шнека от величины коэффициента  $k_3$

**Таблица 1**

Значения диаметра шнека и коэффициента  $k_1$

$k_1$	Диаметр шнека, $D$ (м)
0,5	0,289
0,55	0,2961
0,6	0,3047
0,65	0,3153
0,7	0,3286
0,75	0,3459
0,8	0,3691
0,85	0,4026
0,9	0,4567
0,95	0,5705

Значения диаметра шнека и коэффициента  $k_2$  представлены в табл. 2. Значения коэффициентов  $k_1$  и  $k_3$  приняты как средние значения из рекомендуемых диапазонов, т.е. 0,65 и 0,5 соответственно.

**Таблица 2**

Значения диаметра шнека и коэффициента  $k_2$

$k_1$	Диаметр шнека, $D$ (м)
0,5	0,3609
0,55	0,3496
0,6	0,3396
0,65	0,3307
0,7	0,3226
0,75	0,3153
0,8	0,3086
0,85	0,3024
0,9	0,2967
0,95	0,2914
1	0,2865

Значения диаметра шнека и коэффициента  $k_3$  представлены в табл. 3. Значения коэффициентов  $k_1$  и  $k_2$  приняты как средние значения из рекомендуемых диапазонов, т.е. 0,65 и 0,75 соответственно.

**Таблица 3**

Значения диаметра шнека и коэффициента  $k_3$

$k_1$	Диаметр шнека, $D$ (м)
0,2	0,4279
0,25	0,3973
0,3	0,3738
0,35	0,3551
0,4	0,3396
0,45	0,3266
0,5	0,3153
0,55	0,3054
0,6	0,2967
0,65	0,2889
0,7	0,2818
0,75	0,2754
0,8	0,2696
0,85	0,2642
0,9	0,2592

### Заключение

В табл. 4 в качестве примера приведены результаты расчёта диаметра шнека при  $n_u = 2, n_u = 3, n_u = 4, n_u = 5, n_u = 6, n_u = 7, n_u = 8$  и  $n_u = 9$ .

Остальные параметры приняты в следующих значениях:  $V = 2 \text{ м}^3, n_{ш} = 150 \text{ мин}^{-1}, t_p = 5 \text{ мин}, k_1 = 0,4, k_2 = 0,8, k_3 = 0,5$ .

Таблица 4

Результаты расчёта диаметра шнека  
при  $n_{ц} = 2, n_{ц} = 3, n_{ц} = 4, n_{ц} = 5,$   
 $n_{ц} = 6, n_{ц} = 7, n_{ц} = 8$  и  $n_{ц} = 9$

Число циркуляций, $n_{ц}$	Диаметр шнека, $D$ (м)
2	0,272
3	0,311
4	0,343
5	0,369
6	0,392
7	0,413
8	0,432
9	0,449

Из полученных данных видно, что разработанная компьютерная программа показывает результаты, адекватные заданным условиям.

## Список литературы

1. Адигамов К.А., Черкасов Р.И., Черненко Г.В., Байбара С.Н. Шнековый смеситель сыпучих материалов // Патент РФ № 160268. Патентообладатель: Донской государственный технический университет.
2. Черкасов Р.И. Методика и алгоритм расчёта параметров вертикального шнека смесителей сыпучих материалов // Фундаментальные исследования. 2015. № 8–1. С. 79–82.
3. Горский Ю.Б., Столяров А.В., Чуешков В.А. Определение скоростей перемещения удобрений в смесителе непрерывного действия с помощью изотопов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. Механизация земледелия. 1970. Вып. 8. С. 200–207.
4. Башкатов Д.Н., Олоновский Ю.А. Вращательное шнековое бурение. М.: Недра, 1968. С. 192.
5. Stroustrup, Bjarne, The C++ Programming Language (Fourth ed.): Addison-Wesley, 2013. 1281 p.
6. Qt Creator Manual. [Electronic resource]. URL: <https://doc.qt.io/qtcreator/index.html> (date of access: 17.06.2019).