

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМОСИСТЕМЫ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ УДАЛЕНИЯ ЛЕГКИХ ПРИМЕСЕЙ ИЗ ЗЕРНА В БУНКЕРЕ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

ПАВЛОВ Павел Иванович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

КОРСАК Виктор Владиславович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

ШМЫГАЛЕВ Кирилл Вадимович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

В статье приведены результаты экспериментальных исследований производительности пневмосистемы в зависимости от скорости всасывающего воздушного потока, диаметра всасывающего воздуховода, расстояния от точки всасывания до загрузочного устройства бункера. Представлены уравнения регрессии и соответствующие им графические зависимости в виде двухмерных поверхностей.

Введение. Зерновой ворох, получаемый при работе комбайна во время уборочных работ, часто имеет высокую засоренность различными примесями. Содержание примесей составляет до 8 % от общей массы зерна [5], что обуславливает дополнительные затраты топлива и снижение производительности транспортных работ. Наличие пыли, мелкой земли, оболочек, частей стеблей может приводить к прорастанию зерна. Поэтому необходимо своевременно удалять легкие примеси из зернового вороха.

Современные зерноуборочные комбайны производят обмолот зерна и одновременно осуществляют его первичную очистку [7]. Однако при большой урожайности или высокой засоренности посевов значительная часть легких примесей застrevает в общей массе зерна и попадает в бункер. Для улучшения качества очистки можно повышать частоту вращения вентилятора, однако при этом возрастают потери зерна. По этой же причине часть легких примесей попадает вместе с зерном в бункер и при обычной уборке. Для устранения повышенной загрязненности зерна легкими примесями возможно применение дополнительной очистки. Наиболее эффективной является очистка с помощью воздушного потока в момент, когда зерно некоторое время находится во взвешенном состоянии, например, при выгрузке из загрузочного ус-

тойства в бункер. Для осуществления такой очистки предлагается оснастить бункер комбайна пневмосистемой, создающей всасывающий воздушный поток [1, 3, 4]. Данная система имеет небольшую собственную массу, поскольку может быть выполнена из неметаллических материалов и позволяет эффективно удалять легкие примеси всасывающим воздушным потоком.

Цель исследований – проанализировать зависимость производительности удаления легких примесей от параметров пневмосистемы бункера зерноуборочного комбайна. Обосновать значения параметров, при которых производительность имеет максимальное значение.

Методика исследований. Очистка зернового вороха от мелких и легких примесей может осуществляться в процессе загрузки бункера зерноуборочного комбайна во время уборочных работ. Для этого бункер комбайна оснащается пневмосистемой, конструкция изложена ранее [3, 4].

Процесс функционирования пневмосистемы для удаления легких примесей находится в сложной зависимости от ряда факторов, каждый из которых влияет на эффективность выделения легких примесей [1, 6]. Теоретическими и поисковыми исследованиями, а также предварительными экспериментами определены несколько факторов, оказываю-



щих наибольшее влияние на производительность (критерий оптимизации). К ним относятся скорость всасывающего воздушного потока v , м/с, диаметр D всасывающего воздуховода (трубы), расстояние L от точки всасывания до загрузочного устройства бункера. Остальные факторы оказывают меньшее влияние, поэтому в условиях данного эксперимента не учитывались.

Методика исследования предусматривала определение в экспериментах производительности удаления легких примесей, содержащихся в зерновом ворохе, через замеры их массы и времени, за которое они удалялись.

Экспериментальную производительность пневмосистемы определяли по выражению

$$Q_{\text{ПС}} = \frac{m_r}{t}, \quad (1)$$

где m_r – масса отделенных легких примесей, кг; t – время работы пневмосистемы, с.

При исследовании были проведены два двухфакторных эксперимента. В первом эксперименте изучали влияние на производительность удаления легких примесей скорости воздушного потока и диаметра всасывающего воздуховода; во втором – скорости воздушного потока и расстояния от точки всасывания до загрузочного устройства бункера. Результаты экспериментов обрабатывали на ЭВМ с помощью пакета прикладных программ. В качестве материалов при

проведении экспериментов использовали зерно яровой пшеницы.

Результаты исследований. По полученным в результате проведения первого двухфакторного эксперимента экспериментальным данным и их обработке построено уравнение регрессии (2).

$$G = -1,077 + 7,864D + 0,599v - 19,25D^2 - 0,062Dv - 0,062v^2. \quad (2)$$

Графически в виде двухмерной поверхности данное уравнение представлено на рис. 1.

Полученная зависимость позволяет сделать вывод, что сначала производительность удаления легких примесей пневмосистемой возрастает с увеличением скорости воздушного потока и диаметра воздуховода. Однако характер изменения нелинейный. Производительность достигает максимума при диаметре всасывающего воздуховода $D = 0,18...0,2$ м, затем начинает снижаться. Такой характер объясняется тем, что увеличение диаметра увеличивает область распространения разряжения, обеспечивающего скорость всасывающего воздушного потока, при которой происходит захват легких примесей. Увеличение диаметра свыше 0,2 м не увеличивает производительность, поскольку практически все легкие примеси захватываются и уносятся из бункера при диаметре 0,18 м. Аналогичный характер имеет влияние на производительность выделения легких примесей

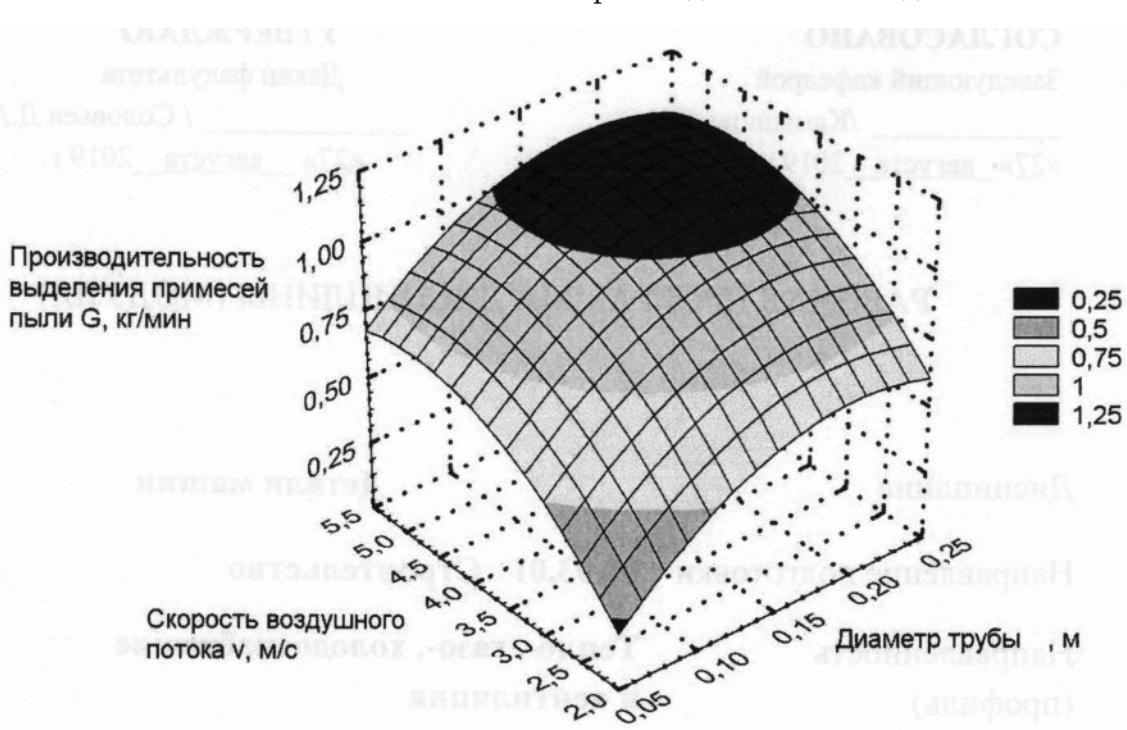


Рис. 1. Зависимость производительности удаления легких примесей от диаметра всасывающего воздуховода пневмосистемы и скорости воздушного потока



сей изменение скорости воздушного потока. С увеличением скорости всасывающего воздушного потока производительность вначале интенсивно возрастает. Например, при диаметре воздуховода 0,15 м с увеличением скорости с 2,0 до 3 м/с, производительность удаления легких примесей возрастает с 0,6 до 0,91 кг/с. Однако далее интенсивность роста уменьшается. С увеличением скорости воздушного потока с 4 до 5 м/с производительность удаления легких примесей растет с 1,04 до 1,09 кг/с, причем прирост обусловлен в основном захватом мелкого зерна. Полученная зависимость объясняется тем, что при скорости всасывающего воздушного потока 3,5...4 м/с и диаметре трубы пневмосистемы 0,18 м и более легкие примеси практически полностью удаляются из бункера. При увеличении скорости более указанных ранее значений производительность возрастает в незначительной степени.

Анализ уравнения 2 показывает, что существует максимум значения функции. Он достигается при $D = 0,18$ м и $v = 4,73$ м/с, $G = 1,113$ кг/мин. Область оптимальных значений функции представлена на рис. 2.

Другим важным фактором, влияющим на производительность удаления легких примесей, является расстояние между источником всасывания и местом, откуда примеси удаляются. Проведенными экспериментальными исследованиями установлено влияние расстояния и скорости воздушного потока на производительность удаления легких примесей. В результате реализации эксперимента получено уравнение регрессии (3).

$$G = -0,164 - 0,291L + 0,52v - 1,875L^2 + 0,214Lv - 0,056v^2. \quad (3)$$

Адекватность описания уравнением результатов эксперимента проверяли по критерию Фишера. Графически данная зависимость представлена на рис. 3.

В результате анализа полученной зависимости установлено, что с увеличением расстояния между краем всасывающего воздуховода и загрузочным устройством, подающим зерно в бункер, производительность удаления легких примесей снижается. Максимальную производительность фиксировали при наименьшем расстоянии от края всасывающей трубы до загрузочного устройства (L_{\min} составляло 0,05 м). С увеличением L производительность удаления легких примесей значительно снижается. При скорости всасывающего воздушного потока 3 м/с увеличение расстояния с 0,1 до 0,2 м приводит к снижению G с 0,92 до 0,9 кг/мин, т.е. не существенно. В то же время увеличение расстояния с 0,2 до 0,3 м приводит к значительному снижению производительности – с 0,9 до 0,81 кг/мин. При $L = 0,4$ м производительность составляла 0,69 кг/мин, что на 23 % меньше ее значения при $L = 0,1$ м.

Следует также отметить, что при меньших значениях L воздуховод располагается близко к загрузочному шnekу, и происходит захват воздушным потоком зерновой части вороха.

Влияние скорости всасывающего воздушного потока на производительность выделения легких примесей аналогично зависимос-

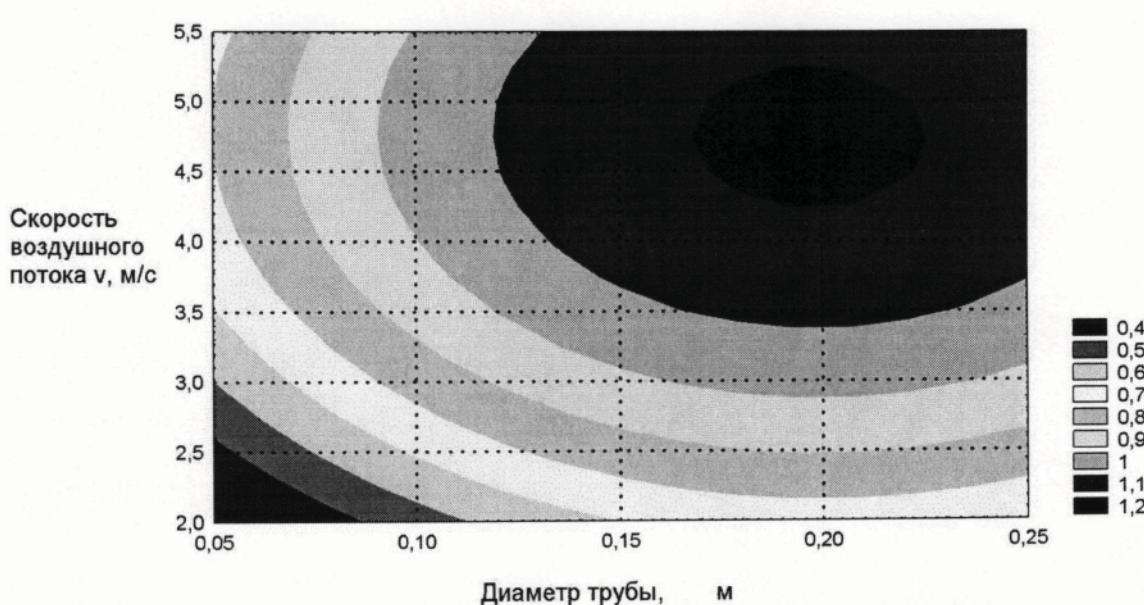


Рис. 2. Оптимальные значения диаметра всасывающего воздуховода пневмосистемы и скорости воздушного потока по производительности удаления легких примесей



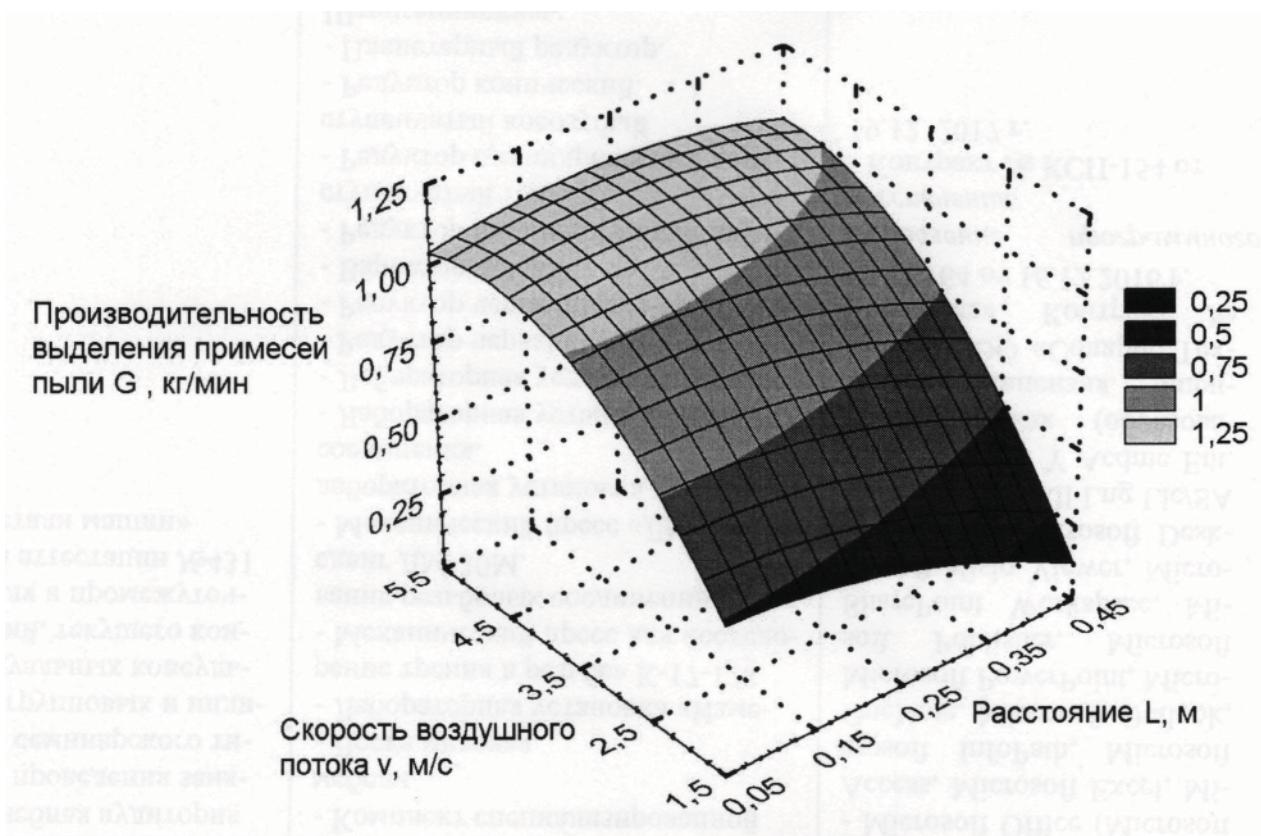


Рис. 3. Влияние скорости воздушного потока и расстояния от точки всасывания до загрузочного устройства бункера на производительность выделения легких примесей

там, полученным в предыдущем эксперименте. С увеличением скорости производительность возрастает при всех значениях расстояния до загрузочного устройства. Максимальное значение производительности достигалось при $v = 5$ м/с, однако вместе с примесями происходило захватывание зерна. При расстоянии от всасывающего воздуховода до загрузочного устройства $L = 0,2$ м увеличение скорости воздушного потока с 3 до 4 м/с приводило к росту G с 0,9 до 1,05 кг/мин. Рост производительности при скорости воздушного потока более 4 м/с уменьшается, поскольку происходит полное удаление легких примесей.

Характер полученной зависимости связан с тем, что при расстоянии $L = 0,2...0,25$ м область пространства бункера, где скорость воздушного потока составляет 4 м/с и более, захватывает загрузочное устройство. Поэтому легкие примеси, имеющие критическую скорость витания меньше 4 м/с, подхватываются и уносятся воздушным потоком. С увеличением расстояния скорость воздушного потока вблизи загрузочного устройства бункера уменьшается. Легкие примеси частично остаются в бункере вместе с зерном. При $L = 0,4...0,45$ м скорость воздуха вблизи загрузочного устройства существенно меньше 4 м/с, значительная часть легких примесей не захватывается воздушным потоком – производительность снижается.

Решение уравнения регрессии (3) показывает наличие максимума производительности (рис. 4). Максимальная производительность удаления легких примесей 1,117 кг/мин достигается при $L = 0,2$ м и $v = 5,025$ м/с.

Заключение. В результате исследования производительности удаления легких примесей из бункера, оснащенного пневмосистемой, установлено рекомендуемое значение исследуемых параметров. Диаметр всасывающего воздуховода составляет $D = 0,17...0,19$ м; расстояние от края воздуховода до загрузочного устройства бункера $L = 0,2...0,25$ м; скорость всасывающего воздушного потока $v = 3,8...4$ м/с. При указанных значениях исследуемых параметров производительность максимальна и не происходит захвата зерновой части урожая.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование влияния скорости горизонтального воздушного потока на производительность отделения легких примесей из зерновой массы при транспортировании / П.И. Павлов [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 3. – С. 62–64.
2. Овчинникова Т.В., Павлов П.И. Результаты экспериментальных исследований влияния шага шнека и скорости воздушного потока на производительность и суммарную мощность привода пневмовинтовой установки // Научное обозрение. – 2015. – № 8. – С. 10–13.



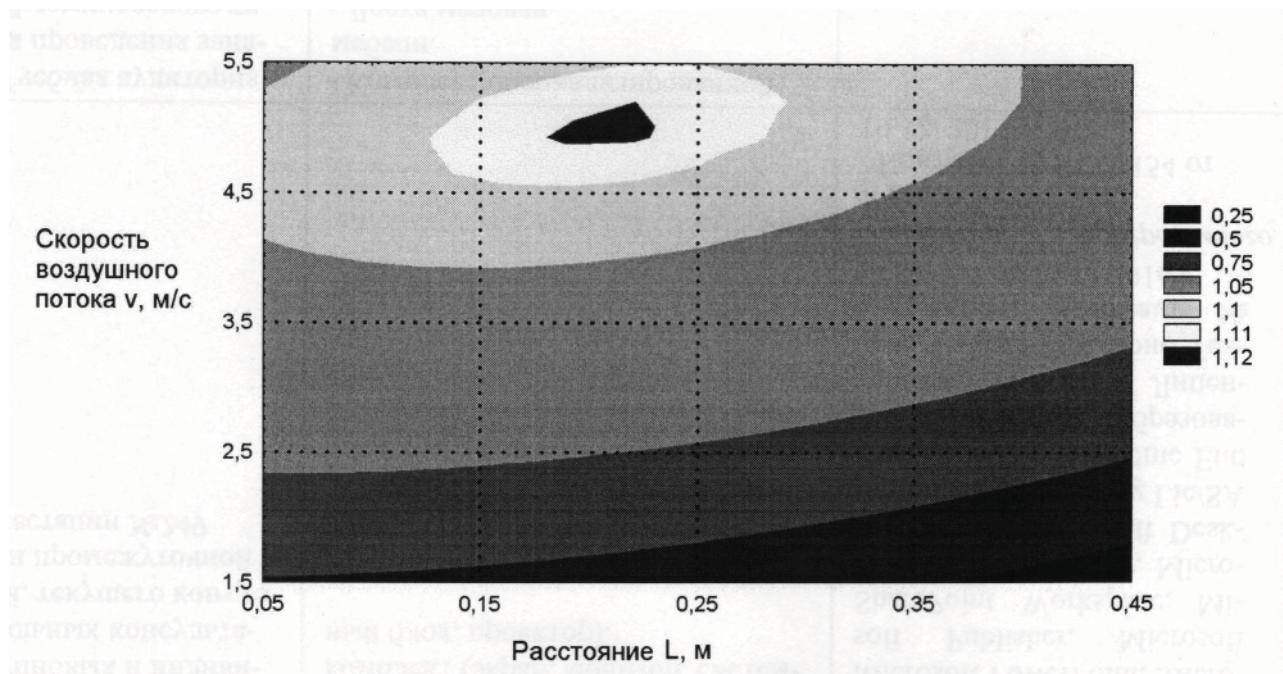


Рис. 4. Оптимальные значения расстояния между всасывающим воздуховодом и загрузочным устройством

3. Павлов П.И., Шмыгалев К.В., Овчинникова Т.В. Конструктивно-технологическая схема бункера зерноуборочного комбайна с пневмовыделителем легких примесей // Научная мысль. – 2016. – № 5 – С. 42–45.

4. Патент на изобретение № 2594537 Бункер зерноуборочного комбайна с пневмовыделителем / Павлов П.И., Овчинникова Т.В., Орлов А.А., Шмыгалев К.В. – Заявка 2015114687/13, 21.04.2015; опубл. 20.08.2016, Бюл. № 23.

5. Стружкин Н.И. Повышение эффективности работы транспортных средств на уборке зерновых культур // Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – № 1. – С. 38–39.

6. Теоретическое обоснование конструктивно-технологической схемы пневмовинтовой установки / М.Г. Загоруйко [и др.] // Научное обозрение. – 2016. – № 4. – С. 61–65.

7. Труфляк Е.В., Трубилин Е.И. Современные зерноуборочные комбайны: учеб. пособие. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – 320 с.

Павлов Павел Иванович, д-р техн. наук, проф. кафедры «Математика, механика и инженерная графика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Корсак Виктор Владиславович, д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Инженерные изыскания, природообустройство и водопользование», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Шмыгалев Кирилл Вадимович, соискатель кафедры «Математика, механика и инженерная графика», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.
Тел.: (8452) 74-96-63.

Ключевые слова: зерно; зерновой ворох; очистка; легкие примеси; производительность; воздушный поток; пневмосистема.

AN EXPERIMENTAL STUDY OF THE INFLUENCE OF PNEUMATIC SYSTEM PARAMETERS ON THE PERFORMANCE OF LIGHT IMPURITIES REMOVING FROM GRAIN IN THE HOPPER OF A COMBINE HARVESTER

Pavlov Pavel Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair “Mathematics, Mechanics and Engineering Graphics”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Korsak Viktor Vladislavovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair “Environmental Management and Water Use”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia

Shmygalev Kirill Vadimovich, Competitor of the chair “Mathematics, Mechanics and Engineering Graphics”, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: grain; grain heap; cleaning; light impurities; performance; air flow; pneumatic system.

The article presents the results of experimental studies of the performance of the pneumatic system depending on the speed of the suction air flow, the diameter of the suction duct, the distance from the suction point to the hopper loading device. The regression equations and the corresponding graphical dependences in the form of two-dimensional surfaces are presented.

