

3. Бай Гэн, Юйфэн Ге и др. Крупномасштабная интегрированная сенсорная и роботизированная система с кабельным приводом для расширенного фенотипирования, дистанционного зондирования и агрономических исследований. *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 160, May 2019, Pages 71–81.

4. Борисов В.А. Проектирование параметров гибкого звена из арамида. *Естественные и технические науки*. 2020. № 7(145). С. 107–110.

5. Борисов В.А. Разработка классификации ременных и тросовых приводов механизмов для пространственных движений. *Естественные и технические науки*. 2023. № 11(186). С. 321–326.

**УДК 631.362:631.171**

**Э.Г. Нуруллин**, *д-р техн. наук, профессор*,

**Р.А. Файзуллин**, *канд. техн. наук*,

**Д.М. Бережной**, *аспирант*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань*

*nureg@mail.ru*

## **ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ СКОРОСТИ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА ПО ПЕРЕПАДУ ДАВЛЕНИЯ МЕЖДУ ВХОДНЫМ ПАТРУБКОМ И ЗОНОЙ ВОЗДУХОЗАБОРА ПНЕВМОСЕМЯПРОВОДА ПРОТРАВЛИВАТЕЛЯ СЕМЯН**

**Ключевые слова:** протравливатель семян, пневмосемяпровод, скорость воздушного потока, перепад давления, пневмотранспорт.

**Keywords:** seed treater, pneumatic seed line, air flow velocity, pressure drop, pneumatic transport.

**Аннотация:** В статье представлены экспериментальные исследования по определению скорости воздушного потока. В ходе исследования на экспериментальной установке измерили статическое давление в двух контрольных сечениях. Было установлено, что перепад давления  $\Delta P$  составил 150 Па. По уравнению Бернулли и условию неразрывности потока с учётом коэффициента сопротивления участка средняя скорость воздушного потока составила 15,78 м/с. Полученный результат позволяет оценить соответствие аэродинамических характеристик системы технологическим требованиям.

**Summary:** The article presents experimental studies on determining the air flow velocity. During the study, static pressure was measured in two control sections on an experimental installation. It was found that the pressure drop  $\Delta P$  was 150 Pa. According to the Bernoulli equation and the flow continuity condition, taking into account the section resistance coefficient, the average air flow velocity

was 15.78 m/s. The obtained result makes it possible to assess the compliance of the aerodynamic characteristics of the system with technological requirements.

Одним из направлений совершенствования протравливателей семян зерновых культур является применение пневмомеханических протравливателей семян. Важным технологическим параметром данного устройства, определяющим устойчивость пневмотранспорта, является разность статических давлений между входным патрубком нагнетательной системы и точкой забора воздуха. Данный перепад является движущей силой, создающей воздушный поток с требуемой скоростью для уноса и транспортирования зерна [1-3].

Актуальность работы обусловлена необходимостью контроля качества функционирования пневматических систем сельскохозяйственных машин, в частности протравливателей семян.

Целью данного эксперимента являлось определение фактической скорости потока в пневмосемяпроводе путем измерения перепада статического давления между входным патрубком и зоной воздухозабора.

Объект исследования. В качестве объекта исследования выступал пневмосемяпровод протравливателя семян (Рисунок 1,а). Он представляет собой трубопровод, соединяющий зону воздухозабора с входным патрубком вентилятора, создающего разрежение.

Оборудование. Для регистрации статического давления использовался тягонапоромер ТМНП-52-М2-У3 (Рисунок 1,б). Данный прибор предназначен для измерения вакуумметрического избыточного давления неагрессивных газов.



а)



б)

- а) Пневмосемяпровод протравливателя семян,  
б) Тягонапоромер ТМНП-52-М2-У3

Рисунок 1 – Фотографии оборудования для исследования.

Методика измерений. В аэродинамике скорость потока часто определяется по разности статического давления между двумя сечениями. В стенках канала были выполнены отверстия для соединения пневмосемяпровода со штуцером тягонапоромера [2].

Сечения измерений: Сечение 1 ( $P_1$ ) - Зона воздухозабора в начале транспортного тракта, где происходит подсос воздуха и захват семян (Рисунок 2,а). Сечение 2 ( $P_2$ ) - Входной патрубок вентилятора, создающего разрежение (Рисунок 2,б).

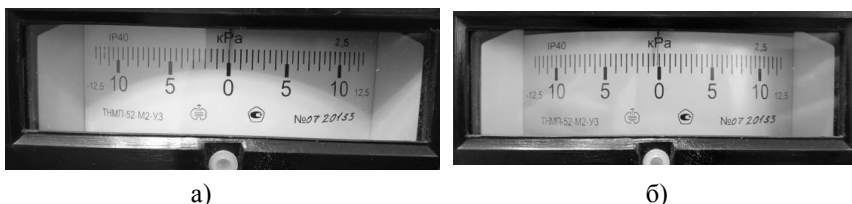


а) сечение 1, б) сечении 2

Рисунок 2 – Замеры статического давления в пневмосемяпроводе

Штуцер в точках  $P_1$  и  $P_2$  соединялся с пневмотранспортным каналом. При работе системы на разрежение  $P_2$  будет меньше, чем  $P_1$ . Следовательно,  $\Delta P = P_1 - P_2$  будет величиной характеризующей перепад, затрачиваемый на создание транспортирующего потока [5].

Условия проведения эксперимента. После включения системы пневмотранспорта необходимо дать потоку стабилизироваться. После стабилизации фиксируются показания  $P_1$  и  $P_2$  (Рис. 3,а,б).



а) сечение 1, б) сечении 2

Рисунок 3 – Показания тягонапоромера

Анализ показаний прибора выявил, что модуль перепада давления составляет  $|\Delta P| = 150$  Па.

Для малых дозвуковых скоростей поток газа считается несжимаемым. В рамках данной модели пренебрегают перестройкой профиля скоростей в пограничном слое между сечениями 1 и 2, а само течение полагают одномерным. Из этих допущений и уравнения неразрывности следует постоянство объемного расхода:  $V_1 S_1 = V_2 S_2$ .

Связь скоростей со статическими давлениями устанавливается уравнением Бернулли:

$$p_1 + \frac{\rho_{\infty} V_1^2}{2} = p_2 + \frac{\rho_{\infty} V_2^2}{2} + \zeta \frac{\rho_{\infty} V_2^2}{2} \quad (1)$$

где  $p_1$  и  $p_2$  – статические давления в сечениях 1 и 2,  $\rho_{\infty}$  – плотность набегающего (невозмущенного) потока,  $\zeta$  – коэффициент сопротивления, учитывающий потери из-за деформации течения.

Разрешая это уравнение относительно  $V_2$ , получим:

$$V_2 = \sqrt{\frac{2}{\rho_{\infty} \left(1 + \zeta \frac{V_1^2}{V_2^2}\right)} (p_1 - p_2)} \quad (2)$$

Величины  $p_2$  и  $V_2$  на срезе сопла принимаются равными параметрам невозмущенной атмосферы.

$$\lambda = \frac{1}{\left(1 + \zeta \frac{V_1^2}{V_2^2}\right)} \quad (3)$$

После подстановки в формулу отношения скоростей полученное выражение вырождается в постоянную величину, именуемую коэффициентом сопла.

$$\lambda = \frac{1}{\left(1 + \zeta \frac{V_1^2}{V_2^2}\right)} = \text{const} \quad (4)$$

Таким образом, скорость потока будет выражаться формулой:

$$V_{\infty} = \sqrt{\frac{2\lambda}{\rho_{\infty}} (p_1 - p_2)} \quad (5)$$

Подставив значения статических давлений, полученных при замерах определим скорость воздушного потока в пневмотранспортном канале:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot 150}{1,204}} = 15,78 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Рассчитанная скорость воздушного потока составила 15,78 м/с. Данное значение является характерным для систем пневмотранспорта зерна. Для сравнения, критическая скорость витания основной массы семян зерновых культур находится в диапазоне 8–12 м/с. Полученная скорость превышает скорость витания [5].

Заключение. В результате проведенного экспериментального исследования была подтверждена возможность и практическая значимость использования метода перепада статического давления для контроля скоростных режимов в пневмосистемах протравливателей семян.

### Список использованной литературы

1. Нуруллин, Э. Г. Основные тенденции развития технических средств для подготовки семян зерновых культур / Э. Г. Нуруллин // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды Всероссийской науч. прак. конф. посвященной памяти д.т.н., проф. П.Г. Мудрова, Казань: Казанский ГАУ, 2023. – С. 31–40.
2. Нуруллин, Э. Г. Пневмомеханические и пневматические протравочные машины для адаптивного семеноводства зерновых культур / Э. Г. Нуруллин, Р. А. Файзуллин // Современная агроинженерная наука и практика : Научные труды международной науч. прак. конф. посвящённой 100-летию кафедры СХМ, Казань, 2025. – С. 108–117.
3. Техническое обеспечение системы управления генетическими ресурсами зерновых культур / Р. И. Сафин, А. Р. Валиев, Э. Г. Нуруллин [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2025. – Т. 20, № 2(78). – С. 104–112. – DOI 10.12737/2073-0462-2025-104-112.
4. Файзуллин, Р. А. Протравливатель семян зерновых культур с пневмозагрузочно-пылеочистительным устройством / Р.А. Файзуллин, Э.Г. Нуруллин // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы : труды IV Международной науч. прак. конф. посвященной памяти д.т.н., проф. Волкова И.Е., Казань: Казанский ГАУ, 2021. – С. 131–138.
5. Файзуллин, Р. А. Теоретическое обоснование скорости воздуха в пневмосемяприводе пневмозагрузочно-пылеотделительные устройства протравливателей семян зерновых культур / Р. А. Файзуллин, Э. Г. Нуруллин // Энергоресурсосбережение и энергоэффективность: актуальные вопросы, достижения и инновации : Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции, Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ им. В.М. Кокова, 2023. – С. 265–270.

УДК 631.333 –189.2

*А.А. Жешко, канд. техн. наук, доцент*

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск  
e-mail: azeshko@gmail.com*

### ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ШТАНГОВЫХ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

**Ключевые слова:** твердые минеральные удобрения, неравномерность, штанговые распре распределяющие рабочие органы, коэффициент вариации.

**Keywords:** solid mineral fertilizers, non-uniformity, rod distribution distributing working organs, coefficient of variation.