

УДК 631.35  
AGRIS N20

## К ВОПРОСУ О ТРАНСПОРТИРОВКЕ ВОРОХА В ПОЛЕВУЮ МАШИНУ ПРИ УБОРКЕ СОИ МЕТОДОМ ОЧЕСА

- ©**Панасюк А. Н.**, д-р техн. наук, SPIN-код: 3551-7084, ORCID: 0000-0002-9884-2999,  
Дальневосточный научно-исследовательский институт механизации  
и электрификации сельского хозяйства, г. Благовещенск, Россия, alex28rus@list.ru
- ©**Сахаров В. А.**, SPIN-код: 8193-7685, ORCID: 0000-0003-3471-301X,  
Дальневосточный научно-исследовательский институт механизации  
и электрификации сельского хозяйства, г. Благовещенск, Россия, sakharov.v.a@mail.ru
- ©**Кувшинов А. А.**, SPIN-код: 5643-1885, ORCID: 0000-0002-6332-5406,  
Дальневосточный научно-исследовательский институт механизации  
и электрификации сельского хозяйства, г. Благовещенск, Россия, pzrk\_igla1992@mail.ru
- ©**Мазнев Д. С.**, SPIN-код: 5607-3045, ORCID: 0000-0003-1234-2430,  
Дальневосточный научно-исследовательский институт механизации  
и электрификации сельского хозяйства, г. Благовещенск, Россия, maznev84@inbox.ru
- ©**Смолянинов Ю. Н.**, SPIN-код: 4491-5013, ORCID: 0000-0001-5610-5694,  
Дальневосточный научно-исследовательский институт механизации  
и электрификации сельского хозяйства, г. Благовещенск, Россия, smo-yura@mail.ru

## TO THE ISSUE OF HEAP TRANSPORTATION INTO FIELD MACHINE AT SOYBEAN HARVESTING OF COMBING METHOD

- ©**Panasiuk A.**, Dr. habil., SPIN-code: 3551-7084, ORCID: 0000-0002-9884-2999,  
Far Eastern research Institute of mechanization and electrification of agriculture,  
Blagoveshchensk, Russia, alex28rus@list.ru
- ©**Sakharov V.**, SPIN-code: 8193-7685, ORCID: 0000-0003-3471-301X,  
Far Eastern research Institute of mechanization and electrification of agriculture,  
Blagoveshchensk, Russia, sakharov.v.a@mail.ru
- ©**Kuvshinov A.**, SPIN-code: 5643-1885, ORCID: 0000-0002-6332-5406,  
Far Eastern research Institute of mechanization and electrification of agriculture,  
Blagoveshchensk, Russia, pzrk\_igla1992@mail.ru
- ©**Maznev D.**, SPIN-code: 5607-3045, ORCID: 0000-0003-1234-2430,  
Far Eastern research Institute of mechanization and electrification of agriculture,  
Blagoveshchensk, Russia, maznev84@inbox.ru
- ©**Smolyaninov Yu.**, SPIN-code: 4491-5013, ORCID: 0000-0001-5610-5694,  
Far Eastern research Institute of mechanization and electrification of agriculture,  
Blagoveshchensk, Russia, smo-yura@mail.ru

*Аннотация.* Одним из аспектов уборки растений сои методом очеса на корню является вопрос транспортировки полученного вороха в кузов полевой машины. На основе ранее проведенных исследований выбрана пневматическая схема транспортирования продуктов очеса. Представлены две схемы уборочных машин: первая схема — мобильное энергетическое средство с навешиваемой очесывающей жаткой, системой транспортировки и сменным прицепом; вторая схема — полевая машина с очесывающей жаткой, системой транспортировки и системой сменных кузовов ВИМ-ЛИФТ. Произведен расчет пневматического транспортера для транспортировки полученного вороха.

*Abstract.* One of the aspects of soybean plants harvesting of combing method on the root is the issue of transportation of the resulting heap to the body of the field machine. On the basis of previous studies, the pneumatic scheme of transportation of the combing products was chosen. Presented two schemes harvesters: the first circuit is a mobile energy medium with pinning the combine header, transport system and interchangeable trailer; the second scheme — field machine with the combine header, transport system and system of interchangeable body VIM-LIFT. Calculation of the pneumatic conveyor for transportation of the received heap is made.

*Ключевые слова:* уборка, соя, метод очеса, транспортировка вороха.

*Keywords:* harvesting, soybean, combing method, heap transportation.

### *Введение*

Технологии возделывания и уборки урожая очесом представляют собой сочетание высокой продуктивности с устойчивостью к техногенезу и остаточной антропогенной нагрузке. Они предусматривают две основные технологические схемы уборки урожая: комбайнами с упрощенными молотильно-сепарирующими устройствами, разделяющими зерновой ворох и солому для последующего ее измельчения и разбрасывания по полю; и уборочными машинами с очесывающими жатками, когда зерновой ворох поступает в большеобъемный бункер или иной накопитель, который после его заполнения перегружается в транспортное средство [1].

Возможно использование универсальных энергетических средств для агрегатирования с различными адаптерами. Данные полевые машины предлагается использовать на небольших предприятиях, имеющих в своем составе животноводческие фермы [5-7].

На основе технического решения предлагается схема полевой машины (Рисунок 1), оборудованной жаткой для очеса сои, системой пневмотранспортировки и прицепом [2].

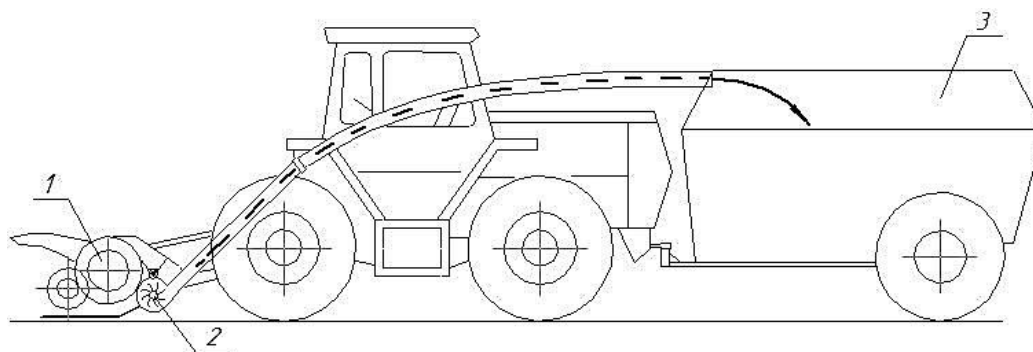


Рисунок 1. Полевая машина для уборки сои методом очеса: 1 — очесывающая жатка для уборки сои; 2 — система пневмотранспортировки; 3 — прицеп

Для крупных хозяйств предлагается использовать полевую машину, представленную на Рисунке 2 [3].

В зависимости от условий уборки полевую машину можно оснащать системой сменных кузовов ВИМ-ЛИФТ или сменными мешками «Биг-бэг».

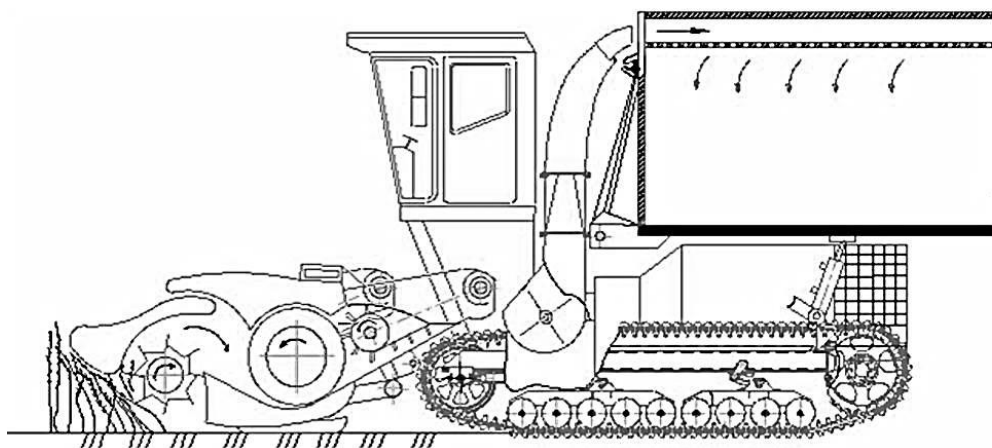


Рисунок 2. Усовершенствованная модель полевой машины

Преимуществами данной усовершенствованной машины является:

- 1) снижение уплотнения почвы за счет снижения массы уборочной машины;
- 2) возможность убирать сою повышенной влажности с помощью очесывающей жатки;
- 3) обеспечение хозяйств, имеющих в своем составе развитое животноводство грубыми кормами (полова), что позволит заменить грубые корма (сено, сенаж), а высвободившееся земли из-под выращивания многолетних трав использовать для посева других сельскохозяйственных культур.

Расчет пневматических транспортеров основан на учении о процессах, происходящих в потоках. Трудности расчета заключаются в выявлении действительных сопротивлений отдельных элементов установки, и поэтому расчеты в значительной мере базируются на опытных данных [4].

#### *Материал и методы исследования*

Основные исходные данные при проектировании системы пневматического транспортирования: производительность  $Q$ , принципиальная схема трубопровода и физико-механические свойства транспортируемого материала.

В результате расчета должны быть определены:

- потребный расход воздуха  $V \text{ м}^3/\text{с}$ ;
- давление воздуха  $\text{Па}$ ;
- необходимый диаметр трубопровода  $d_T \text{ м}$ ;
- мощность вентилятора  $N \text{ кВт}$ .

Производительность пневмотранспортера  $Q$  (кг/с) должна быть не менее производительности очесывающей жатки. Определяется по формуле 1:

$$Q = q \cdot v \cdot b \cdot s \quad (1)$$

где  $q$  — выход зерносового вороха,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ;

$v$  — скорость движения агрегата,  $\text{м}/\text{с}$ ;

$b$  — ширина захвата жатки,  $\text{м}$ ;

$s$  — коэффициент неравномерного поступления вороха ( $s=1,2$ ).

Полевыми исследованиями очеса сои на корню установлено соотношение зерна сои к незерновой части урожая в ворохе поступающим в приемник лабораторно-полевой установки в зависимости от урожайности (Таблица 1 и 2).

Для расчета производительности пневмотранспортера важно знать процентное содержание зерна сои в ворохе приемника, который составляет 55-67%. Тогда при ширине захвата жатки 5 м, скорости 2,5 м/с, массе очесанного вороха 0,24-0,25 кг/м<sup>2</sup> производительность жатки составит 3,6-4,0 кг/с. Для дальнейших расчетов, с учетом перспективы повышения урожайности сои до 2,2-2,4 т/га примем производительность Q=5,0 кг/с.

Особенностью транспортировки зерносового вороха является различие скоростей витания  $v_v$  различных фракций.

Таблица 1.

СООТНОШЕНИЕ ЗЕРНА СОИ К НЕЗЕРНОВОЙ ЧАСТИ УРОЖАЯ  
 В ОЧЕСАННОМ ВОРОХЕ. 2016 г. СОРТ «ЛАЗУРНАЯ», УРОЖАЙНОСТЬ 1,61 т/га

№ делянки	Вес вороха в приемнике, г	Вес зерна сои, г	Вес НЧУ, г	Соотношение НЧУ к зерну, %	Соотношение зерна к вороху, %
1	3950,5	2210,0	1740,5	78,7	55,9
2	3752,5	2078,0	1674,5	80,6	55,4
3	4862,0	2664,5	2138,0	80,2	54,8
Среднее	4188,3	2317,5	1851,0	79,8	55,4

Таблица 2.

СООТНОШЕНИЕ ЗЕРНА СОИ К НЕЗЕРНОВОЙ ЧАСТИ УРОЖАЯ  
 В ОЧЕСАННОМ ВОРОХЕ. 2017 г. СОРТ «ТРЕК», УРОЖАЙНОСТЬ 1,79 т/га

№ делянки	Вес вороха в приемнике, г	Вес зерна сои, г	Вес НЧУ, г	Соотношение НЧУ к зерну, %	Соотношение зерна к вороху, %
1	4987,5	3257,0	1730,5	53,1	65,3
2	4264,0	2860,0	1404,0	49,1	67,1
3	5272,0	3436,0	1836,0	53,4	65,2
Среднее	4746,5	3144,5	1602,0	50,9	66,2

В Таблице 3 приведены значения скоростей витания различных компонентов зерносового вороха полученные на лабораторной установке — порционно-парусный классификатор (ППК-ВИМ).

Таблица 3.

СКОРОСТЬ ВИТАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЗЕРНОСОВОГО ВОРОХА

Частицы	Скорость витания, м/с.	Частицы	Скорость витания, м/с.
Соя	17,0-20,0	Створки стручка	0,67-3,1
Солома (стебли)	3,5-4,25	Закрытый стручок	13,0-26,5

При проектировании пневматического транспортера очень важно правильно выбрать скорость движения воздуха; она должна быть минимально допустимой, но достаточной для перемещения фракции зерносового вороха имеющего максимальную скорость витания (Таблица 3). Для перемещения всех частиц зерносового вороха по расчетному пневматическому транспортеру, на основании лабораторных исследований примем номинальную скорость движения воздуха равной 30 м/с.

Скорость движения воздуха следует принимать с учетом весовой концентрации смеси. Большинство установок, применяемых в сельскохозяйственном производстве, работает при коэффициенте концентрации  $\mu < 8$  — 10 кг/кг.

Учитывая технологическую схему проектируемого пневматического транспортера, принимаем коэффициентом массовой (весовой) концентрации смеси равный  $\mu = 7,2$  кг/кг.

*Потребный расход воздуха, м<sup>3</sup>/ч, определяется по формуле 2:*

$$V_B = \frac{1000 \cdot Q}{\mu \gamma_B}, \text{ м}^3/\text{час} \quad (2)$$

где Q — производительность пневмотранспортера, кг/с;

$\gamma_B \approx 1,24$  — плотность стандартного воздуха, при нормальных условиях, кг/м<sup>3</sup>.

Расчетный потребный расход воздуха пневматического транспортера равен 560 м<sup>3</sup>/ч.

*Площадь сечения и диаметр трубопровода.* Площадь сечения трубопровода определяется по формуле 3:

$$F = \frac{V_B}{3600 \cdot v_B}, \text{ м}^2 \quad (3)$$

Для сельскохозяйственных установок при относительно малых длинах диаметр трубопровода принимают постоянным по всей длине.

Диаметр трубопровода для установок с постоянным поперечным сечением при переменной (по длине трубопровода) скорости воздуха определяется по формуле 4:

$$d_T = \sqrt{\frac{4 \cdot V_B}{3600 \cdot \pi \cdot v_B}}, \text{ м} \quad (4)$$

Расчетный потребный диаметр пневматического транспортера равен 0,081 м. Но в связи с тем, что в компонентах очесанного вороха присутствуют длинные стебли, целесообразно увеличить диаметр трубопровода до 0,2 м, тем самым исключив забивание трубопровода. Соответственно для обеспечения необходимой скорости движения воздуха нужно увеличить потребный расход воздуха пневматического транспортера.

Для расчета пневмотранспортера по заданному диаметру преобразовав уравнение (4) получим уравнение 5:

$$V_B = 900 \pi v_B d_T^2, \text{ м}^3/\text{с} \quad (5)$$

Расчетный расход воздуха пневмотранспортера диаметром 0,2 м равен 3391 м<sup>3</sup>/ч, при этом производительность будет равна 8,18 кг/с.

*Напор.* В общие потери напора могут входить потери при вводе материала в трубопровод, при движении материала и воздуха по трубопроводу, потери на вертикальный подъем материала и воздуха, в коленах и отводках.

Для пневмотранспорта общий напор составляется из динамического или скоростного  $h_d$ , идущего на преодоление инерции воздуха и материала, и статического напора  $h_c$ , расходуемого на все остальные сопротивления.

*Динамический напор*  $h_d$ . Это напор, необходимый для преодоления инерции материала и воздуха (формула 6).

$$h_d = \frac{\gamma_B v_B^2}{2} (1 + 0,72\mu), \text{ Па} \quad (6)$$

Таким образом, динамический (скоростной) напор, как и следовало ожидать, пропорционален скорости во второй степени; он также зависит от коэффициента весовой концентрации и совершенно не зависит от площади сечения трубопровода. Расчетный напор  $h_d = 3370$  Па.

*Статический напор* расходуется на преодоление трения в трубопроводе  $h_T$ , на потери в местных сопротивлениях  $h_M$  и на подъем транспортируемого материала  $h_P$ .

Рассмотрим последовательно определение потерь статистического напора.

*Потери давления на трение* от движения воздуха по длине трубопровода определяются по общей формуле гидравлики 7:

$$h'_T = \lambda \frac{L}{d_T} \frac{\gamma_B v_B^2}{2}, \text{ Па} \quad (7)$$

$\lambda$  — коэффициент сопротивления трению;

$L$  — длина трубопровода, м;

Коэффициент сопротивления трению  $\lambda$  — величина, определяемая из опытов; ее можно подсчитать по выражению 8 (по Блессу):

$$\lambda = 0,0125 + \frac{0,0011}{d_T}, \quad (8)$$

Потери давления на трение при движении по трубам смеси воздуха и транспортируемого вороха возрастают и определяются по формуле 9:

$$h_T = h'_T (1 + c\mu), \text{ Па} \quad (9)$$

здесь  $c$  — коэффициент, зависящий от концентрации смеси, скорости и характера потока, физико-механических свойств транспортируемого вороха.

Точное определение  $c$  затруднительно из-за сложной зависимости от большого числа факторов, поэтому для практических расчетов этот коэффициент принимают в зависимости от скорости воздушного потока, для  $v_B = 30$ , м/с коэффициент  $c=0,31$  [4].

Расчетные потери на трение при длине пневмотранспортера 5 м  $h_T=2572$  Па.

*Потери давления на подъем материала.* Напор, необходимый для подъема материала на высоту  $H$ , определится по формуле 10, если приравнять силу тяжести массы поднимаемого вороха  $\mu\gamma_B H$  и уравновешивающую силу  $h_P F$ . Тогда:

$$h_P = g\mu\gamma_B H, \text{ Па} \quad (10)$$

Расчетные потери на подъем  $h_P=425$  Па



Полный напор, с учетом всех потерь давления (формула 11):

$$h = h_d + h_T + h_n, \text{ Па} \quad (11)$$

Расчетный полный напор  $h=6367$  Па.

Практически в пневматических установках всегда бывают утечки и подсосы воздуха, поэтому при подборе вентилятора расход воздуха, полученный по расчету, необходимо увеличить на 3—5%, с учетом чего  $h=6685$  Па.

*Определение мощности привода.* Мощность привода вентилятора пневмотранспортера расходуется на транспортирование воздуха и вороха и на механические потери в вентиляторе и приводном устройстве. Приняв  $V_{см}=V_B$  м<sup>3</sup>/ч и определив  $h$  — полный напор, Па, определим мощность, кВт (формула 12):

$$N_d = \frac{V_B h}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta_1 \eta_2 \eta_3}, \quad (12)$$

где  $V_{см}=V_B$  — расход зерносоевого вороха и воздуха, м<sup>3</sup>/ч;

$h$  — полный напор, Па;

$\eta_1$  — 0,95 — к.п.д. вентилятора, учитывающий сопротивление в самом вентиляторе;

$\eta_2$  — 0,95—0,97 — к. п. д. подшипников;

$\eta_3$  — 0,96—0,99—к. п. д. передачи.

Расчетная мощность 7,1 кВт.

#### Выводы

Получены данные по расчету пневматической системы транспортировки зерносоевого вороха за очесывающей жаткой:

- диаметр пневмотранспортера 0,2 м;
- потребный расход воздуха пневматического транспортера — 3391 м<sup>3</sup>/ч;
- расчетный полный напор  $h=6685$  Па;
- расчетная мощность привода вентилятора пневмотранспортера 7,1 кВт.
- производительность транспортера  $Q=8,18$  кг/с.

#### Список литературы:

1. Панасюк А. Н. Концептуальные подходы к технологии уборки сои очесом на корню и устройства для ее осуществления. Благовещенск: Изд-во Дальневосточного гос. аграрного ун-та, 2018. 127 с.
2. Погорелый Л. В., Коваль С. М., Иваненко И. М., Макушин Г. В., Шульга С. Ф. Зерноуборочный комплекс. Патент UA 46148. Украинский научно-исследовательский институт по прогнозированию и внедрению техники и технологий для сельскохозяйственного производства. Бюл. 2002. №5.
3. Кувшинов А. А., Сахаров В. А., Мазнев Д. С. Результаты модернизации технического средства для уборки сои // Техника и оборудование для села. 2018. №6 (252), С. 18-21.
4. Красников В. В. Подъемно-транспортные машины в сельском хозяйстве. М.: Колос, 1973. 464 с.
5. Кувшинов А. А., Сахаров В. А., Мазнев Д. С. Совершенствование очесывающего устройства для уборки сои // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №8. С. 84-89. Режим

доступа: <http://www.bulletennauki.com/kuvshinov> (дата обращения 15.08.2018).  
DOI:10.5281/zenodo.1345168

6. Панасюк А. Н., Кувшинов А. А., Мазнев Д. С. Совершенствование процесса уборки сои методом очёса на корню // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 10-2. С. 293-296.

7. Сахаров В. А., Кувшинов А. А., Мазнев Д. С., Панасюк А. Н. Влияние режимных параметров работы очёсывающего устройства на качество очеса // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 6. С. 155-159.

#### References:

1. Panasyuk, A. N. (2018). Conceptual approaches to the technology of soybean harvesting by root towers and devices for its implementation. Blagoveshchensk: *Publishing House of the Far Eastern State. Agrarian University*, 127.

2. Pogorely, L. V., Koval, S. M., Ivanenko, I. M., Makushin, G. V., & Shulga, S. F. (2002). Harvesting complex. Patent UA 46148. Ukrainian Research Institute for the prediction and implementation of equipment and technologies for agricultural production. (5).

3. Kuvshinov, A. A., Sakharov, V. A., & Maznev, D. S. (2018). Results of Upgrading of Equipment for Soya Beans Harvesting. *Machinery and Equipment for Rural Area*, 6 (252), 18-21.

4. Krasnikov, V. V. (1973). Hoisting-and-transport machines in agriculture. Moscow: Kolos, 464.

5. Kuvshinov, A., Sakharov, V., & Maznev, D. (2018). Improvement of the combing device for harvesting soybeans. *Bulletin of Science and Practice*, 4(8), 84-89. doi:10.5281/zenodo.1345168.

6. Panasyuk, A. N., Kuvshinov, A. A., & Maznev, D. S. (2017). Soy cleaning process improvement by the tow method on root. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, (10-2). 293-296.

7. Sakharov, V. A., Kuvshinov, A. A., Maznev, D. S., & Panasyuk, A. N. (2018). Influence of regime parameters of the combing device on the quality of the flock. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, (6). 155-159.

Работа поступила  
в редакцию 25.09.2018 г.

Принята к публикации  
29.09.2018 г.

#### Ссылка для цитирования:

Панасюк А. Н., Сахаров В. А., Кувшинов А. А., Мазнев Д. С., Смолянинов Ю. Н. К вопросу о транспортировке вороха в полевую машину при уборке сои методом очеса // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №10. С. 171-178. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/panasiuk> (дата обращения 15.10.2018).

#### Cite as (APA):

Panasiuk, A., Sakharov, V., Kuvshinov, A., Maznev, D., & Smolyaninov, Yu. (2018). To the issue of heap transportation into field machine at soybean harvesting of combing method. *Bulletin of Science and Practice*, 4(10), 171-178. (in Russian).