

УДК 631.344:631.348

А. В. Ключков, С. С. Шкуратов

Учреждение образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»
Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, ул. Мичурина, 5, 213407 Горки,
Республика Беларусь, +375 (29) 358 57 75, olena_k@tut.by

СКОРОСТЬ ПАДЕНИЯ ЗЕРЕН В ВОСХОДЯЩЕМ ВОЗДУШНОМ ПОТОКЕ

Исследованы параметры движения зерен пшеницы и овса в восходящем воздушном потоке. Использована лабораторная установка с вертикальным каналом квадратного сечения 50×50 мм с изменением расхода воздуха. Процесс падения зерен фиксировался путем видеосъемки и наблюдения за перемещением выделенных окрашенных зерен. Путем обработки видеogramм определено время прохождения зернами контрольного участка. Полученные данные позволили определить скорость падения зерен при различной скорости восходящего воздушного потока. Установлена обратно пропорциональная зависимость между скоростью падения зерен пшеницы и овса с увеличением скорости вертикального воздушного потока в диапазоне до критической (скорости витания). Скорость свободного падения зерен без действия воздушного потока составляла 1,145...1,313 м/с. Снижение скорости падения семян пшеницы и овса при различной скорости восходящего воздушного потока может достигать 4,42...4,51 раза в сравнении со скоростью свободного падения семян и должно учитываться при выборе параметров соответствующего технологического оборудования.

Ключевые слова: воздушный поток; скорость падения зерна; системы воздушной очистки зерна; движение зерен в воздушном потоке.

Табл. 1. Рис. 3. Библиогр.: 8 назв.

A. V. Klochkov, S. S. Shkuratov

Belarusian State Agricultural Academy, Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus, 5 Michurin Str.,
213407 Gorki, the Republic of Belarus, +375 (29) 358 57 75, olena_k@tut.by

SPEED OF GRAIN FALL IN A RISING AIR FLOW

Parameters of the movement of wheat and oats seeds in the ascending air stream have been investigated. Laboratory installation with the vertical channel 50×50 mm square section which is able to fix air consumption has been used. Process of grain fall was videotaped that helped to observe the movement of purposefully painted grains. By processing the video recordings, the time span which grains need to pass the control site has been defined. The obtained data have allowed to determine the speed of grain fall at various speed of the ascending air stream. The inversely proportional dependence between the speed of falling of wheat and oats seeds with increase in speed of a vertical air stream in the range to critical is established (wool-gathering speed). Speed of the free fall of grains without action of the air stream was 1.145...1.313 m/s. The reduction in the rate of falling of wheat and oats seeds at various speed of the ascending air stream can reach 4.42...4.51 times in comparison with the speed of free fall of seeds and has to be considered when choosing the parameters of the corresponding processing equipment.

Keywords: air stream; speed of grain fall; system of air purification of grain; movement of grains in the air stream.

Table 1. Fig. 3. Ref.: 8 titles.

Введение. Работа многих зерноочистительных, сортировальных машин, протравливателей семян камерного типа связана с взаимодействием падающих зерен с восходящим движением воздушного потока. При этом характеристики взаимодействия в каналах аспирации учитывают обычно условия очистки или сортирования зерна, но важными являются

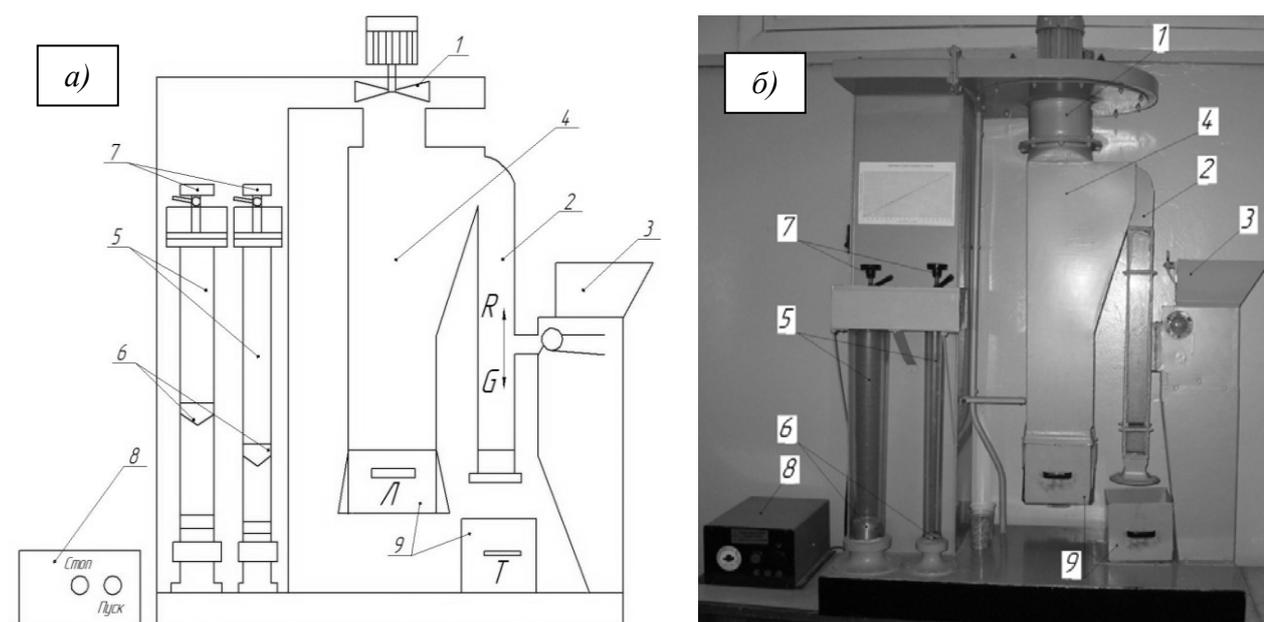
и параметры движения зерен, в частности изменение скорости их падения. Это может влиять на производительность машин и другие технологические показатели процесса.

Изучению параметров воздействия воздушного потока на зерно посвящены исследования Б. Г. Турбина, М. Н. Летошнева, Г. А. Хайлиса и других исследователей [1—5]. В настоящее время перспективы использования данного технологического процесса расширяются. Проводятся исследования по созданию инкрустаторов семян, в частности, непосредственно при посеве пневматическими сеялками [6]. При исследовании движения семян и препаратов в воздушном потоке в настоящее время наиболее широко используются законы гидромеханики с учетом свойств дисперсности материалов. С повышением скорости движения и концентрации частиц радиальные перемещения и вероятность соударения частицы уменьшаются [7]. В работе И. П. Масло [8] выведены зависимости количества соударений и их влияние на количество препарата, нанесенного на семена за единицу времени, что является одним из основных показателей, характеризующих процесс инкрустации. Как показали теоретические исследования и экспериментальные данные [8], данный параметр при нанесении препарата в вертикальном воздушном потоке в значительной мере зависит от скорости движения семян.

Аэродинамические свойства зерен определяют их поведение в воздушном потоке [5]. При этом на зерна в воздушном потоке действует сила тяжести G и подъемная сила R от воздушного потока (рисунок 1, *a*). При вертикальном воздушном потоке частицы (зерно, примеси) могут либо падать, либо уноситься воздухом вверх, либо находиться во взвешенном состоянии, т. е. витать. Скорость витания (критическая) — это скорость потока воздуха, при которой сила тяжести частицы уравнивается силой сопротивления воздуха. Величина скорости витания различна для зерна и семян разных культур и зависит от их формы и крупности. К примеру, для пшеницы она составляет 9...11 м/с, для проса — 6...8 м/с, для гороха — 15...17 м/с [4]. Большое значение имеет скорость витания семян сорных растений, что используется при выборе режимов работы зерноочистительных машин. Воздействие воздушного потока на зерно зависит от положения, в котором зерно там находится. В случае, если большая ось зерна параллельна потоку воздуха, то оно поднимается с воздухом вверх. В случае если ось зерна перпендикулярна направлению воздушного потока, то зерно падает вниз. Определение скорости витания зерна и изучение его аэродинамических свойств имеет решающее значение для обоснования режимов очистки зерновой массы от примесей.

Однако в известных исследованиях в основном определялась критическая скорость зерен, а изменение их скорости движения под воздействием воздушного потока не рассматривалось, хотя этот параметр может быть важным и оказывающим влияние на параметры технологического процесса.

Основная часть. Для исследований были выбраны зерна пшеницы, так как они имеют самую большую плотность, и овса, зерна которого легче других зерновых культур. Действительная плотность исследованных семян определялась пуркой литровой с падающим грузом и составляла для семян пшеницы 760 кг/м^3 и 610 кг/м^3 — для семян овса. При проведении опытов использовалась установка для исследования аэродинамических свойств зерна (рисунок 1, *b*).



а — схема установки; б — общий вид оборудования

Рисунок 1. — Схема и общий вид лабораторной установки для определения аэродинамических свойств зерна

Установка имеет вентилятор *1*, который всасывает воздух через аспирационный канал *2*. Зерновой материал в аспирационный канал *2* подается из бункера *3* с вибродном. На пути воздушного потока расположена камера циклона *4*, в котором осаживаются унесенные воздухом зерна. Воздушный поток выходит через расходомер *5* с указателями *6* и устанавливается регуляторами *7*. Блоком управления *8* установка включается в работу. Приемники семян *9* служат для сбора фракций.

При исследованиях навеску зерна массой 200 г засыпали в бункер *3*, затем включали в работу вентилятор *1* и после стабилизации режима его работы регуляторами *7* устанавливали определённый расход воздуха. Плавным поворотом регулятора в бункер *3* вводили зерновую смесь со случайно распределёнными в его массе окрашенными зёрнами в вертикальный воздушный канал. На частицы действует сила действия воздушного потока, которая замедляет их падение. В навеске было 10 окрашенных зёрен, и их движение снимали на фотокамеру марки Samsung WB2000 со скоростью съёмки 240 кадров в секунду. Затем заслонками увеличивали расход воздуха и повторяли опыт. Каждый раз увеличивали расход воздуха и добивались полного выхода зерна в циклон *4* для сбора уносимых воздухом зёрен. Данный опыт проводили отдельно для зёрен пшеницы и овса. Далее при обработке на компьютере видеogramм (рисунок 2) определяли время прохождения выделенными окрашенными зёрнами учетного участка канала длиной 170 мм. Для воспроизведения видеogramм использовался видеоплеер SMPlayer, позволяющий фиксировать и анализировать покaдровое воспроизведение видео. По графику зависимости скорости воздуха от расхода (при известном сечении канала 50 × 50 мм) определена скорость воздушного потока.

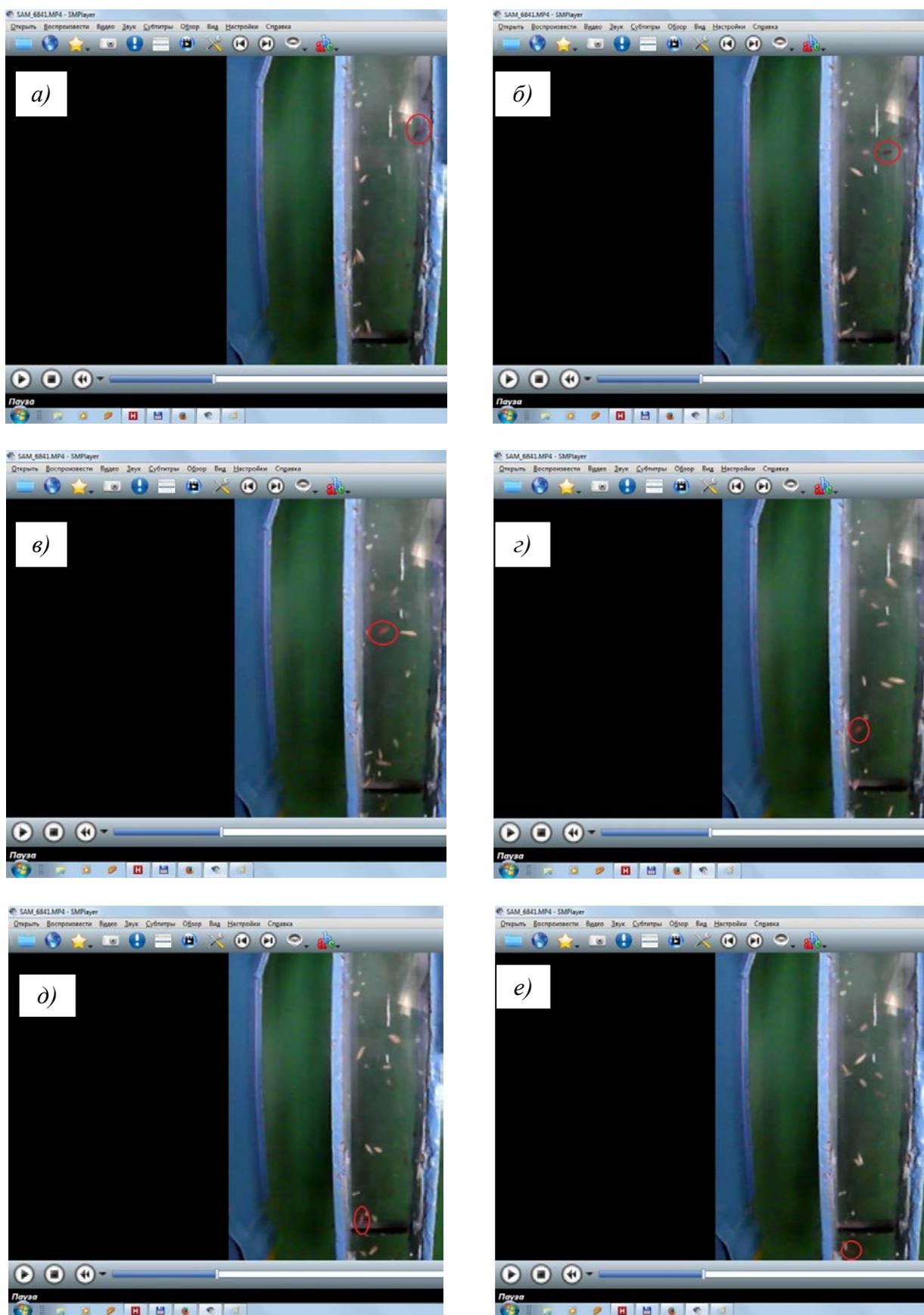


Рисунок 2. — Пример видеосъемки процесса движения зерен овса в восходящем воздушном потоке

Подсчитывали среднее значение времени прохождения зернами контрольного участка и статистические характеристики данного процесса (таблица 1).

Т а б л и ц а 1. — Результаты определения времени падения зерен в воздушном канале высотой 170 мм

Расход воздуха, м ³ /ч	Скорость воздушного потока, м/с	Время движения зерен на учетном участке		
		Среднее значение, с	Среднее квадратическое отклонение, с	Коэффициент вариации, %
<i>Пшеница, плотность $\gamma = 760 \text{ кг/м}^3$</i>				
0	0	0,129	0,00093	0,71
50	5,6	0,206	0,00431	2,09
60	6,7	0,267	0,02841	10,63
65	7,2	0,320	0,01639	5,12
70	8,5	0,585	0,13792	23,57
<i>Овес, плотность $\gamma = 610 \text{ кг/м}^3$</i>				
0	0	0,148	0,00022	0,15
40	4,5	0,151	0,00104	0,69
45	5,0	0,161	0,00967	5,99
50	5,6	0,239	0,01362	5,69
55	6,3	0,278	0,05343	19,23
60	6,7	0,504	0,38411	76,18
65	7,2	0,656	0,39203	59,72

Без воздействия воздушного потока время движения зерен составляло 0,129...0,148 с при незначительных колебаниях по вариантам наблюдений (коэффициент вариации 0,15...0,71 %). В обоих случаях с увеличением скорости восходящего воздушного потока время движения зерен на участке замера увеличивалось.

Следует отметить повышение коэффициента вариации времени движения отдельных зерен с увеличением скорости воздушного потока, т. е. характер движения зерен становится более хаотичным.

В целом скорость падения семян пшеницы выше, чем семян овса из-за меньшей плотности и большей парусности. Из построенных графиков (рисунок 3) видно, что с увеличением воздушного потока скорость падения семян пропорционально уменьшается. При отсутствии воздушного потока скорость падения семян максимальная.

Отмечаются близкие к обратно пропорциональным зависимости снижения скорости падения семян с возрастанием скорости восходящего воздушного потока. При этом для зерен пшеницы при увеличении скорости восходящего воздушного потока в пределах 0...8,5 м/с скорость падения снижается в 4,51 раза. Для зерен овса при изменении скорости восходящего воздушного потока от 0 до 7,2 м/с снижение скорости падения происходит в 4,42 раза. Эти снижения скорости падения весьма существенны и могут оказывать влияние на рабочий процесс машин, использующих воздушные потоки для технологического воздействия на зерна сельскохозяйственных культур.

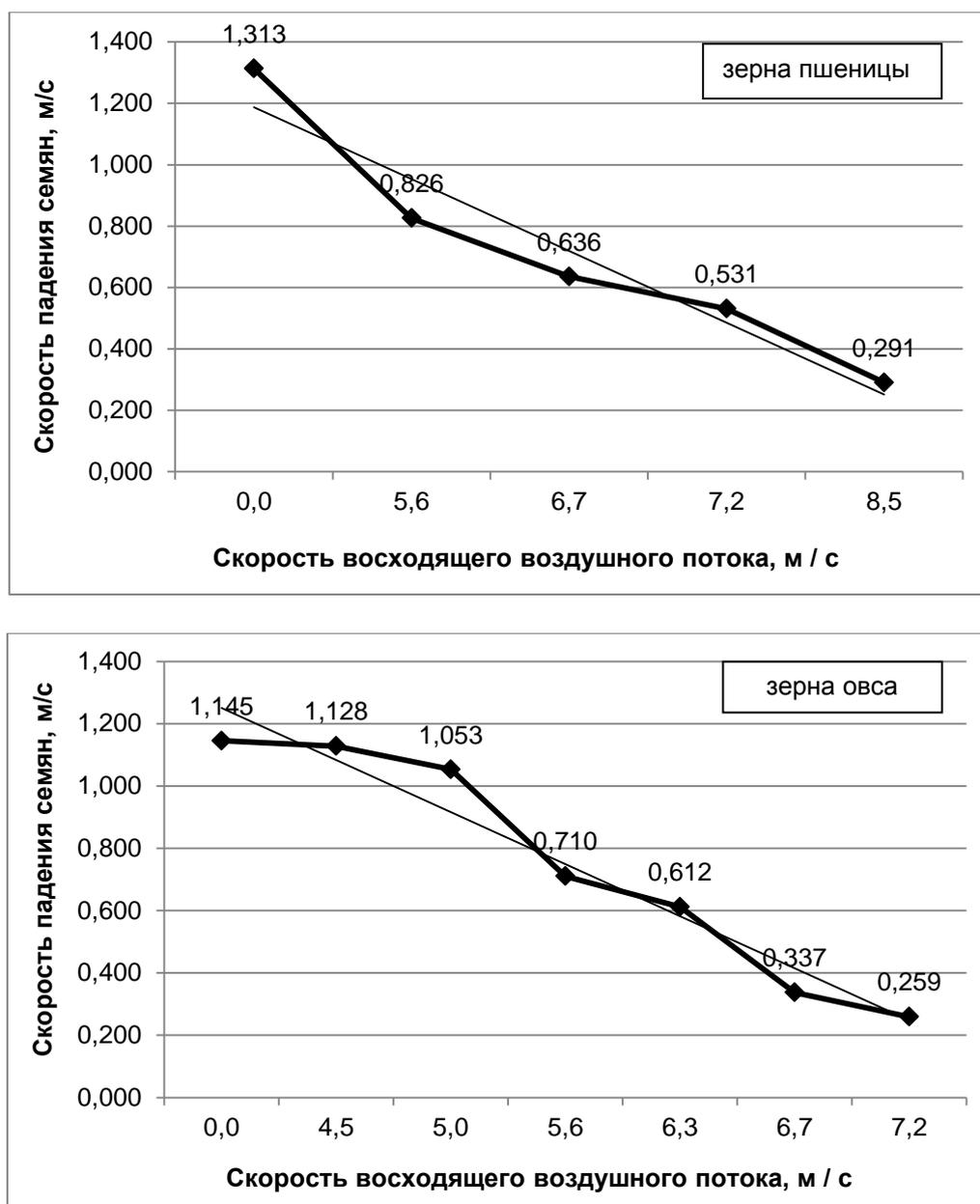


Рисунок 3. — Скорость падения зерен пшеницы и овса в зависимости от скорости восходящего воздушного потока

Заключение. Разработанная методика исследования движения зерен в восходящем воздушном потоке позволяет определить изменения скорости их падения.

Установлена обратно пропорциональная зависимость между скоростью падения зерен пшеницы и овса с увеличением скорости вертикального воздушного потока в диапазоне до критической (скорости витания). Снижение скорости падения семян пшеницы и овса может достигать 4,42...4,51 раза в сравнении со скоростью свободного падения семян и должно учитываться при выборе параметров соответствующего технологического оборудования.

Список цитируемых источников

1. Турбин, Б. Г. Вентиляторы сельскохозяйственных машин. Теория и технологический расчет / Б. Г. Турбин. — Л. : Машиностроение, 1968. — 160 с.
2. Летошнев, М. Н. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет проектирование и испытание / М. Н. Летошнев. — М.— Л. : Гос. изд-во с/х лит., 1955. — 764 с.
3. Механико-технологические свойства сельскохозяйственных материалов / Г. А. Хайлис [и др.]. — Луцк : ЛГТУ, 1998. — 268 с.
4. Ковалев, Н. Г. Сельскохозяйственные материалы (виды, состав, свойства) / Н. Г. Ковалев, Г. А. Хайлис, М. М. Ковалев. — М. : Родник : Аграр. наука, 1998. — 208 с., ил.
5. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины : Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы / Н. И. Кленин, В. А. Сакун. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Колос, 1980. — 671 с.
6. Камалетдинов, Р. Р. Модельное представление и машинный анализ процесса инкрустации семян в воздушном потоке / Р. Р. Камалетдинов, Д. Ю. Широков // Роль науки в инновационном развитии АПК : материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию со дня рождения А. П. Иофинова. — Уфа : БашГАУ, 2012. — С. 23—27.
7. Смелик, В. А. Предпосевная обработка семян нанесением искусственных оболочек / В. А. Смелик, Е. И. Кубеев, В. М. Дринча. — СПбГАУ, 2011. — 272 с.
8. Масло, И. П. Исследование процесса обработки семян защитными препаратами в вертикальном замкнутом воздушном потоке : дис. ... канд. техн. наук / И. П. Масло. — Киев, 1971. — 131 л.

Поступил в редакцию 29.10.2018