**Библиографический список**

1. Модернизация плужного корпуса / В.В. Василенко, С.В. Василенко, Д.В. Стуров [и др.] // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2010. № 5. С. 33-35.

2. Повышение надежности рамы плуга / В.В. Василенко, О.И. Поливаев, Д.Н. Афоничев [и др.] // Вестник ВГАУ. 2012. № 2. С. 119-121.

3. Василенко В.В. Технологические особенности плугов серии «Богатырь» // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2008. № 5. С. 7-8.

4. Бойкова Е.В. Разработка энергосберегающего технологического процесса основной обработки почвы и плуга общего назначения: автореф. дис…канд. техн. наук. Саратов, 2010. 22 с.

DOI: 10.12737/1776
УДК 631.632.3: 633.1

# ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ РАЗМЕЩЕНИЯ И СООТНОШЕНИЯ РЕШЕТ В РЕШЕТНЫХ СТАНАХ

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры сельскохозяйственных машин
**А. М. Гиевский**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры сельскохозяйственных машин **В. И. Оробинский**
кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственных машин
**А. В. Чернышов**
ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»
aleksej.gievskij@mail.ru, lexa-c@yandex.ru

Поступающий от комбайнов зерновой ворох должен проходить послеуборочную обработку без промежуточного хранения, что является залогом получения высококачественного товарного зерна и семян. При этом из вороха должны быть выделены те фракции, которые содержат в своем составе основную часть незерновых компонентов, засорителей, биологически неполноценного и дробленого зерна основной культуры. Как показывают результаты исследований, эти компоненты вороха являются основной средой для обитания и размножения микроорганизмов ведущих к ухудшению товарных и посевных качеств зерна [1].

Разделение вороха на основную, фуражную и фракцию неиспользуемых отходов на самой первой стадии послеуборочной обработки возможно с использованием универсальных двухаспирационных воздушно – решетных зерноочистительных машин, работающих по фракционной технологии очистки.

Поэтому, существенное (в 2,0…2,5 раза) повышение производительности таких машин является одной из актуальных задач и сможет обеспечить поточную

фракционную технологию послеуборочной обработки. Одним из основных факторов определяющих производительность машин является площадь решетной очистки, и в особенности фракционных (сортировальных) решет.

Исследования проводили на установке, разработанной и изготовленной на кафедре сельскохозяйственных машин. Установка включает: двухаспирационную пневмосистему с горизонтальным каналом дорешетной аспирации и последовательным прохождением одного и того же воздушного потока через каналы послерешетной и дорешетной аспираций, решетный стан с шариковой очисткой решет, регулируемой частотой колебаний и расположением в одном ярусе до трех решет с длиной каждого 0,99 м [2].

Компоненты вороха, выделяемые каналом послерешетной аспирации, осаждаются в осадочной камере канала послерешетной аспирации (фуражная фракция), а выделенные каналом дорешетной аспирации, осаждаются в осадочную камеру канала дорешетной аспирации (фуражная фракция) и пылеотделитель (фракция неиспользуемых отходов).

В решетном стане предусмотрены следующие возможности:

размещения решет в два или три яруса;

изменения места расположения и количества решет в зависимости от их назначения;

изменения угла наклона верхних двух ярусов и их установки с обратным наклоном;

вывод в отдельные сборники схода с колосовых решет (крупные примеси), прохода подсевных решет (мелкие примеси - фракция неиспользуемых отходов), прохода каждого сортировального решета (фуражная фракция).

Опыты проводили на ворохе озимой пшеницы с содержанием компонентов, имеющих толщину менее 2,6 мм и скорость витания менее 8,0 м/с – 40,97 %. В качестве сортировальных решет использовали решетные полотна с продолговатыми отверстиями шириной 2,6 мм, подсевных – шириной 1,9 мм. В качестве колосовых использовались решетные полотна, как с продолговатыми отверстиями шириной 3,4; 3,6 мм, так и с круглыми диаметром 6,5; 7,0; 8,0 мм. Амплитуда колебаний стана составляла 0,03 м и частота 350 мин$^{-1}$. Для исключения подачи вороха только в один из пневмосепарирующих каналов и постоянного наличия вороха на решетах производили отключение приводов вентилятора и решетного стана в момент прекращения подачи в горизонтальный канал дорешетной аспирации.

Первоначально, на установке была реализована двухъярусная схема размещения решет, с расположением в верхнем ярусе последовательно сортировального (Г) и двух колосовых решет ($Б_2$), а в нижнем – подсевного (В) и двух сортировальных (Г). При такой схеме максимально возможная доля сортировальных решет в стане 50 %. Дальнейшее увеличение доли сортировальных решет в стане, при двухъярусной схеме их размещения, невозможно, и добиться повышения производительности машин с такими решетными станами можно только за счет увеличение габаритов (ширины и длины).

Минимально необходимая площадь колосовых решет на воздушно – решетной зерноочистительной машине должна обеспечивать её максимальную производительность при потерях полноценного зерна не более 0,5 %. В качестве колосовых решет использовали решетные полотна с продолговатыми отверстиями □3,4×25 и □3,6×25 мм; комбинацию с круглыми и продолговатыми Ø 6,5 мм и □3,6×25 мм; только с круглыми Ø 6,5 мм; Ø 7,0 мм и Ø 8,0 мм. Причем, в последних двух вариантах решета использовались как с шариковыми очистителями, так и без очистителей.

Результаты исследований позволили однозначно установить преимущество использования в качестве колосовых решет решетных полотен с круглыми отверстиями (рис. 1 и 2).

Для колосовых решет с продолговатыми отверстиями □3,4×25 и □3,6×25 мм при их длине 1,98 м максимальная допус-

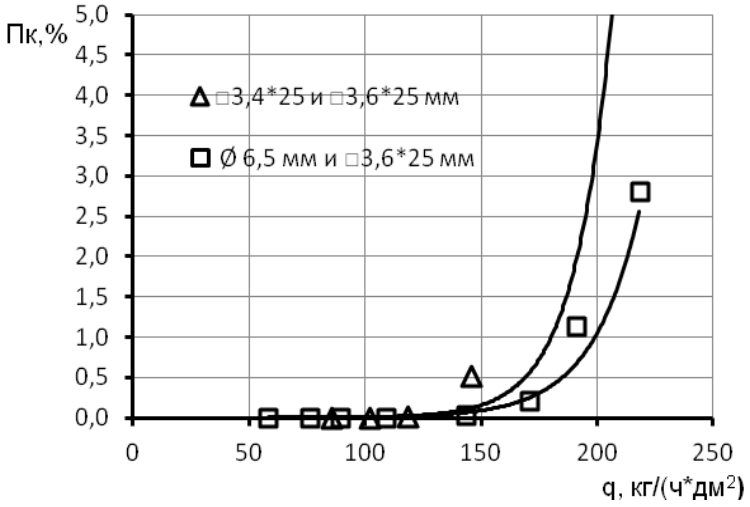


Рис. 1. Влияние удельной нагрузки на потери полноценного зерна сходом с колосовых решет с размерами отверстий Ø 6,5 мм + □3,6×25 мм и □3,4×25 + □3,6×25 мм

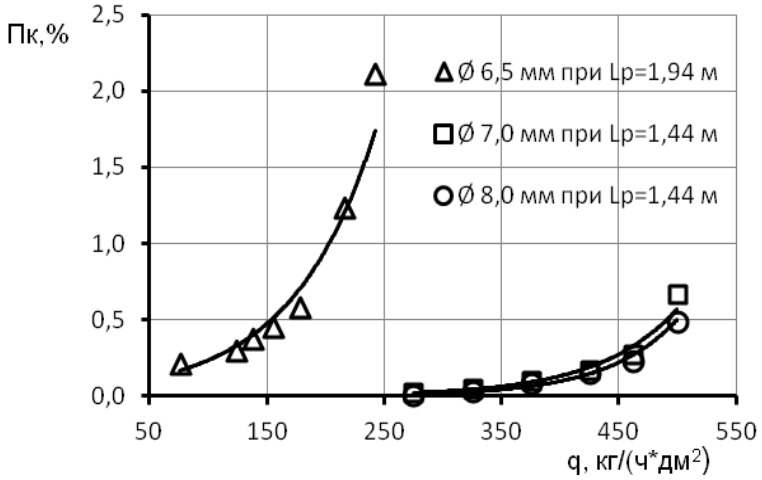


Рис. 2. Влияние удельной нагрузки на потери полноценного зерна сходом с колосовых решет с размерами отверстий Ø 6,5 мм длиной $L_р$=1,94 м; Ø 7,0 мм и Ø 8,0 мм длиной $L_р$=1,44 м

тимая удельная нагрузка составила менее 170 кг/(ч·дм$^2$).

Незначительно большие значения, допустимой удельной нагрузки, получены для комбинации решет с круглыми Ø 6,5 мм и продолговатыми □3,6×25 мм отверстиями (рис. 1). С увеличением удельной нагрузки свыше 170 кг/(ч·дм$^2$) потери зерна сходом резко возрастают и уже при удельной нагрузке 200…225 кг/(ч·дм$^2$) они превышают 3,0 %. При использовании в качестве колосовых решет решетных полотен с круглыми отверстиям Ø 6,5 допустимая удельная нагрузка остается практически неизменной, но рост потерь зерна происходит с меньшей интенсивностью (рис. 2). Это говорит о большей пропускательной способности такого типа решетных полотен при их использовании в качестве колосовых решет. Следует отметить тот факт, что при подборе решет с использованием лабораторного рассева УРЛ–1 остаток зерна на решетах с круглыми отверстиями Ø 6,5 мм и продолговатыми □3,6×25 мм составил 0,0 %.

Иные значения допустимой удельной нагрузки получены при использовании в качестве колосовых решет – решетных полотен с круглыми отверстиями Ø 7,0 мм и Ø 8,0 мм. Даже при длине рабочей поверхности 1,44 м допустимая удельная подача для первых составляет 460…480 кг/(ч·дм$^2$) и вторых -470…490 кг/(ч·дм$^2$). Забиваемости колосовых решет с данными решетными полотнами, даже при их использовании без шариковых очистителей, в опытах не наблюдалось. При обосновании типа отверстий и площади (длины) колосовых решет была изменена последовательность установки решет в стане. В верхнем ярусе устанавливали два колосовых решета, с возможностью изменения их длины и глухую поверхность; в нижнем – подсевное и два сортировальных решета.

Для обоснования площади сортировальных решет и их рациональной схемы размещения определяли экспериментально выделение фуражной фракции при установке в ярусе 2 и 3 решетных полотен, подаче вороха с колосовых решет по всей длине сортировальных и подаче вороха на начало первого сортировального решета при установке колосовых решет с обратным наклоном.

В результате исследований было установлено преимущество подачи вороха на начало первого сортировального решета по сравнению с его подачей по всей длине решет. Коэффициент сепарации изменяется как в зависимости от удельной нагрузки, так и от очередности расположения решета в ярусе (рис. 3).

При удельной нагрузке до 80 кг/(ч·дм$^2$) коэффициент сепарации третьего решета остается больше, чем второго и первого. При дальнейшем увеличении удельной нагрузки коэффициенты сепарации сравниваются, а затем картина меняется на обратную. Чем меньше удельная нагрузка на сортировальные решета, тем больше разница значений коэффициентов сепарации между решетами. Эта разница достигает более 0,25 м$^{-1}$ при удельной нагрузке на сортировальные решета менее 50 кг/(ч·дм$^2$). Такое изменение коэффициента сепарации можно объяснить уменьшением самосепарации зерна в слое при увеличении толщины слоя вороха.

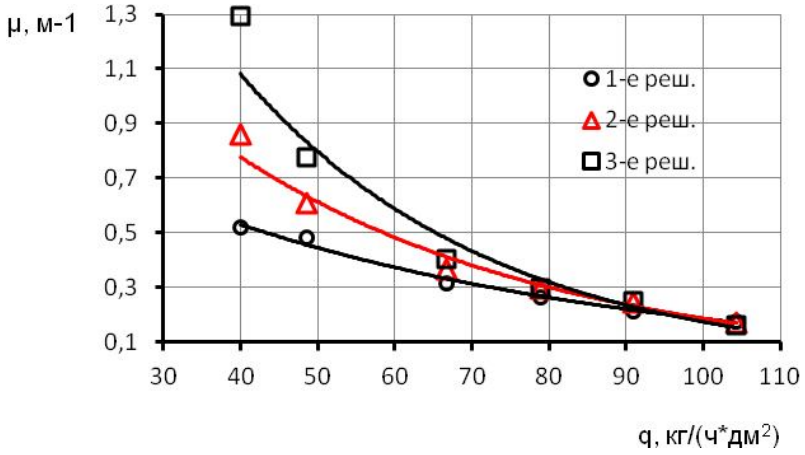


Рис. 3. Изменение коэффициента сепарации зерна сортировальными решетами в зависимости от удельной нагрузки

Учитывая большее значение коэффициента сепарации третьего решета можно отметить преимущество размещения сортировальных решет по три в длину яруса. Однако такая компоновка приведет к увеличению длины стана и машины в целом, а при сравнительно небольшой производительности нарушению пропорций между шириной и длиной и неизбежному увеличению глубины пневмосепарирующих каналов.

В результате экспериментальных исследований была получена зависимость полноты разделения зернового вороха на основную и фуражную фракции сортировальными решетами от удельной нагрузки (рис. 4). Все сортировальные решета были установлены в одном ярусе, с подачей зернового вороха на начало первого сортировального решета. Перед подачей на сортировальные решета ворох проходил очистку в канале дорешетной аспирации, на колосовых и подсевных решетах, установленных в верхних ярусах стана с обратным наклоном.

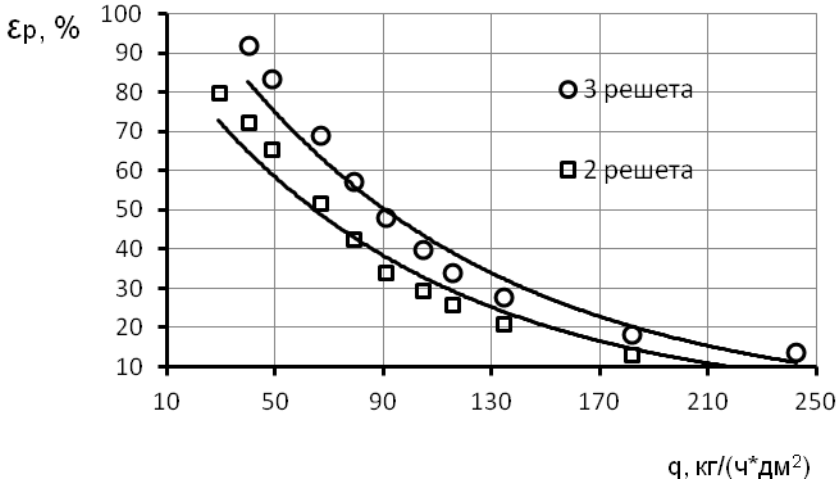


Рис. 4. Влияние удельной нагрузки на полноту выделения фуражной фракции сортировальными решетами

Как видно из рис. 4, полнота разделения 60 %, соответствующая режиму очистки зерна на товарные цели, достигается при удельной нагрузке 70…75 кг/ (ч·дм$^2$) в варианте установке 3 сортировальных решет в ярусе и при 50..55 кг/(ч·дм$^2$) в варианте установке 2 сортировальных решет. Очистка зерна на семенные цели с полнотой разделения 80 % возможна при удельной нагрузке 37…42 кг/(ч·дм$^2$) и менее 27…30 кг/(ч·дм$^2$) соответственно. Уменьшение длины сортировальных решет в ярусе с 2,97 м (3 решета) до 1,98 м (2 решета) снижает удельную нагрузку на 20…27 % и соответственно производительность машин.

Подсевные решета не оказывают существенного влияния на качество основной фракции и выделяют из фуражной - часть мелких компонентов вороха, направляемых в отходовую фракцию. Многие зарубежные машины имеют в решетных станах подсевные решета в том случае, когда получают две фракции целевого назначения. Добиться такой же полноты выделения мелких компонентов подсевными решетами, как фуражной, сортировальными, можно только при подаче всей фуражной фракции на начало подсевных решет. Это на наш взгляд неоправданно усложнит конструкцию и высоту решетных станов универсальных воздушно – решетных зерноочистительных машин.

Дополнительно к первому варианту, когда одно подсевное решето устанавливается под сортировальным, нами рассматривался вариант установки двух подсевных решет под колосовыми. Результаты определения влияния удельной нагрузки на полноту выделения мелких компонентов вороха представлены графически на рис. 5.

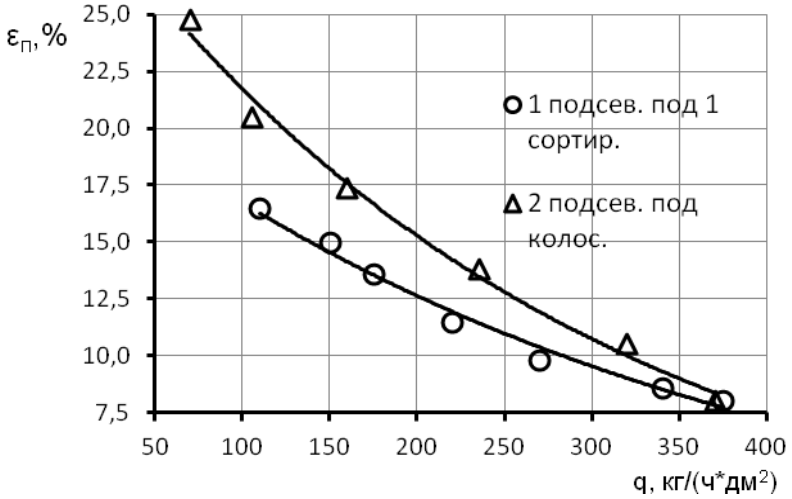


Рис. 5. Влияние удельной нагрузки на полноту выделения мелкой фракции подсевными решетами

Анализ представленных данных показывает, что с точки зрения выделения мелких компонентов вороха, двухъярусная схема расположения решет с использованием одного подсевного решета, устанавливаемого под сортировальным не имеет

преимуществ перед схемой с расположением двух подсевных решет под колосовыми. Так, при удельной нагрузке до 350 кг/(ч·дм$^2$) полнота выделения в первом варианте остается меньшей, чем во втором. Это связано с уменьшенной длиной рабочей поверхности решета, меньшей загрузкой начала решета и выделением первым сортировальным решетом только части фуражной фракции из вороха. Загрузка подсевного решета в этом случае зависит от работы этого сортировального решета Увеличение числа подсевных решет в двухъярусной схеме возможно только за счет уменьшения сортировальных в нижнем ярусе и замене колосового решета верхнего яруса на сортировальное.

Такие изменения неизбежно приведут к снижению производительности машины в целом. Вместе с тем увеличение в два раза площади подсевных решет, при их установке под колосовыми, не приводит к двукратному росту полноты выделения. Так при удельной нагрузке 100…200 кг/(ч·дм$^2$) полнота выделения выросла только на 4,5…2,5 %, а при большей нагрузке её прирост снижается. Такое незначительное повышение полноты выделения можно объяснить подачей всего вороха на подсевные решета, ростом толщины слоя и как следствие уменьшением коэффициента сепарации.

Пользуясь полученными значениями допустимой удельной нагрузки для колосовых и сортировальных решет можно обосновать несколько схем их размещения в решетных станах машин, исходя из условия повышения производительности (табл.).

Таблица

Производительность машин в зависимости от схемы размещения и соотношения решет в станах

| Марка машины | Тип решета | Расположение в ярусе | Количество полотен в ярусе, шт. | Количество ярусов, шт. | Общая площадь, дм$^2$ | Доля решет на машине, % | Производительность машины, т/ч |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| СВУ–60 | Г | вдоль по 1 | 2 | 4 | 586,08 | 33,3 | 40,0 |
| | $Б_2$ | вдоль по 1 | 2 | 4 | 586,08 | 33,3 | |
| | В | вдоль по 1 | 2 | 4 | 586,08 | 33,3 | |
| ОЗФ–80 | Г | вдоль по 2 | 4 | 2 | 586,08 | 50 | 40,0 |
| | Г | вдоль по 1 | 2 | 2 | 293,04 | | |
| | $Б_2$ | вдоль по 1 | 2 | 2 | 293,04 | 16,7 | |
| | В | вдоль по 2 | 4 | 2 | 586,08 | 33,3 | |
| | Г | вдоль по 3 | 6 | 3 | 1318,68 | 70 | 92,0…98,8 |
| | $Б_2$ | вдоль по 2 | 4 | 1 | 293,0 | 15 | |
| | В | вдоль по 2 | 4 | 1 | 293,0 | 15 | |
| | Г | поперек по 3 | 6 | 3 | 1318,68 | 70 | 72,0…77,5 |
| | $Б_2$ | поперек по 2 | 4 | 1 | 293,0 | 15 | |
| | В | поперек по 2 | 4 | 1 | 293,0 | 15 | |

Для сравнения были взяты данные по наиболее производительным отечественным машинам ОЗФ–80 и СВУ–60, в которых решетные полотна расположены длинной стороной вдоль стана, а площадь одного яруса в котором устанавливаются различные по назначению решета составляет 1318,68 дм$^2$. При расчете производительности общая площадь решет принималась равной площади решет этих машин или больше не более чем на 10 %.

Анализ данных приведенных в таблице показывает, что установка в первых двух ярусах верхнего стана колосовых и подсевных решет, в третьем ярусе и обоих ярусах нижнего стана только сортировальных решет позволяет повысить производительность машин в 1,8…2,3 раза по сравнению с машинами СВУ–60 и ОЗФ–80. Общая площадь решет увеличилась незначительно – только на 8,3 %.

В предлагаемых вариантах значительно выросла доля сортировальных решет с 33,3…50 до 70 % и увеличилась их суммарная площадь до 13,2 м$^2$. Размещение решет длинной стороной вдоль стана имеет преимущество перед поперечным размещением, несмотря на то, что их общая площадь и соотношение остается неизменными. Производительность машин в этом случае возрастает на 20,0 т/ч.

Выход на производительность универсальных воздушно – решетных зерноочистительных машин свыше 100 т/ч при подготовке зерна на товарные цели возможен за счет замены подсевных решет среднего яруса верхнего стана на колосовые и добавления по одному ярусу сортировальных решет в каждый стан. Выделение мелкой фракции из фуражной в этом случае можно производить на решетной приставке оборудованной только подсевными решетами.

Выводы:

1. Использование в качестве колосовых решет решетных полотен с круглыми отверстиями позволяет повысить допустимую удельную нагрузку до 450…480 кг/(ч·дм$^2$) при их длине в ярусе 1,98 м;

2. Размещение в одном ярусе трех сортировальных решет в длину позволяет повысить допустимую удельную нагрузку на 20…27 % по сравнения с размещением двух решет;

3. Повышения производительности универсальных воздушно – решетных зерноочистительных машин 1,8…2,3 раза можно добиться за счет увеличения доли сортировальных решет до 70…80 % с их установкой в отдельных ярусах;

4. Выход на производительность универсальных воздушно – решетных зерноочистительных машин свыше 100 т/ч при подготовке зерна на товарные цели возможен за счет замены подсевных решет на колосовые и добавления по одному ярусу сортировальных решет в каждый стан.

**Библиографический список**

1. Оробинский В.И. Влияние микроорганизмов и срока хранения на посевные качества семян // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2006. № 11. С. 5-6.

2. Гиевский А.М. Пневмосистема зерноочистительной машины с одним воздушным потоком // Техника в сельском хозяйстве. 2012. №4. С. 2-4.