

Параметрическая оптимизация работы полимерных решет в отделе- лении очистки зерноочистительных машин

М.Н. Московский¹, А.А. Бойко², С.А. Герасименко²

¹ФГБНУ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва

²Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону.

Аннотация: Появление на рынке новых типов полимерных решет, имеющие другие функциональные и технико-эксплуатационные её показатели, ставит вопрос о новых кинематических режимах их работы. Проведенные исследование рассматриваются вопросы параметрической оптимизации функционирования данного типа решет от угла наклона и кинематических параметров. Нами был проведен системный анализ по существующими технологическим схемам решетных станом и выявлены перспективные направления модернизации. Определены показатели качества семян пшеницы, сепарированные на решетках из полимеров при различных режимах их работы.

Ключевые слова: Системный анализ технологий сепарация зерна, решетный стан, параметрическая оптимизация, семенной материал, травмированность семян, послеуборочная обработка зерна, кинематические параметры.

Введение.

Решетные сепараторы являются основным инструментарием для сепарации зернового материала. Используемые в зерноочистительных машинах решета квалифицируются по следующим признакам: по типу изготовления; по материалу изготовления; по конструкционным признакам; по характеру движения; по форме отверстий; по назначению.

На данный момент времени на рынок выходят решета на полимерной основе из сверхвысокомолекулярного полиэтилена, они идут в противовес стальным металлическим решетам (материал 0,8пс, 0,9Г2С, 17Г1С). Для изготовления данного типа решет используется *сверх высокомолекулярный полиэтилен СВМПЭ, UHMW PE (ULTRA HIGH WEIGHT MOLECULAR POLYETHYLENE (UHMW PE))* в англоязычной литературе – полиэтилен с молекулярной массой более $1.5 \cdot 10^6$ г/моль. Технологические показатели их работы изучены и представлены в виде лабораторных исследований по их влиянию на показатели макро и микро травмированности и износостойкости [1,2].

При сепарации зерна на данном типе решет будут наблюдаться процессы расслоения слоя и изменения вероятности прохода семян в отверстия решет по иным технологическим параметрам [3-5]. Новые технологические свойства решет (коэффициент трения, формы и размеры отверстий) влияют процессы расслоения слоя и вероятность прохода зерна через отверстия решет.

Возникают вопросы, связанные с кинематическими режимами работы решет, углом наклона, подачей и вариацией размеров отверстий решет, что потребует решения параметрической оптимизации технологического процесса сепарации семян зерновых на решетках, выполненных из полимерных материалов [6-8].

Методика и методология.

В соответствии с целью экспериментального исследования требуется выявление зависимостей процесса сепарации на полимерных решетках от основных факторов их функционирования.

Задачи исследования:

- влияние кинематических параметров режимов работы решетчатого станка комплектованного полимерными решетками на технологические показатели процессов сепарации семян;

Исследования проводились на зерновом материале при следующих характеристиках зернового материала и решет: зерновой материал – пшеница озимая (смесь), урожая 2017 г, толщина $b = 2,5$ мм, $\sigma_b = 0,65$ мм, ширина $h = 2,8$ мм, $\sigma_n = 0,35$ мм, длина $l = 6,0$ мм, $\sigma = 0,74$ мм, вес 1000 зёрен $M_{1000} = 45 \pm 0,5$ гр.

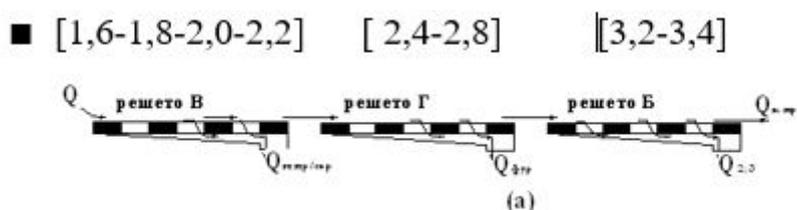


Рисунок 1 – Схемы реализуемых решетных модулей применяемых в данных исследованиях трехрешетный одноярусный стан.

Обозначение величин и их размерность: n – частота колебаний решета, обор/мин эксцентрикового вала; A – амплитуда колебаний, мм; e – эксцентриситет эксцентрика, мм; P – выход мелкой фракции (проход через решето) в относительных единицах к исходному материалу; Φ – проход в % к исходному материалу; P_0 – содержание мелкой фракции в исходном материале в относительных единицах; u – то же самое, в процентах; q_B – загрузка (единицы) ширины решета, кг/ч*дм; q_F – загрузка единицы площади решета (удельная производительность), кг/ч*дм²; l – длина решета, мм; B – ширина потока зерна на решете, мм; σ – среднее квадратическое отклонение, мм; M – средний размер зерна; α – угол наклона решета к горизонту, град; β – угол направления колебаний (к горизонту), град; ε – полнота разделения; a, b, c, U, S, K – коэффициенты в формулах.

Доля прохода мелкой фракции в материале $u\%$ определялось по формуле [11]:

$$\lg P = \lg P_0 + kq_F \quad (1)$$

Для чего по данным, полученным в опытах, строился график (Рис.2) в координатах $(\lg P, q_F)$ и по графику определялось P_0 в месте пересечения прямой графика с осью ординат.

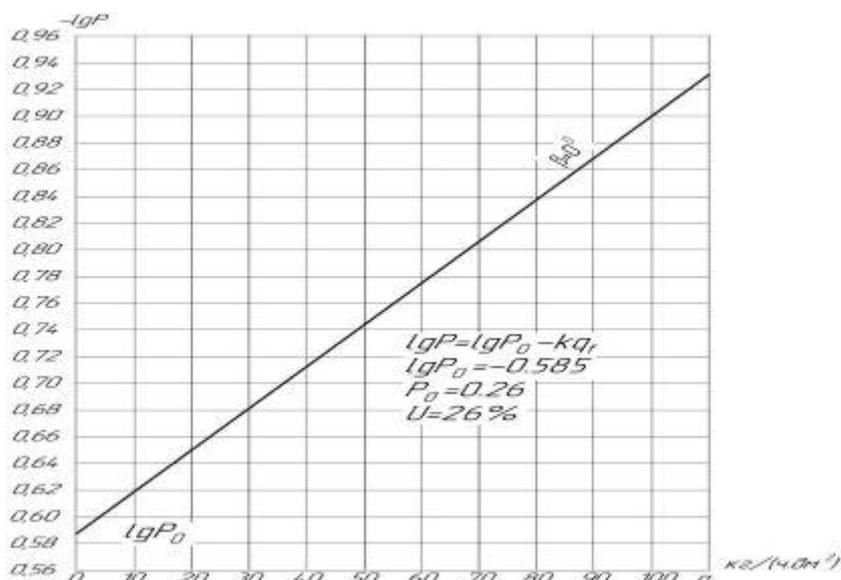


Рисунок 2. – Доля прохода мелкой фракции пшеницы под первое решето ■ 2.2мм.

Из Рис 2 находим: $\lg P_0 = -0,585$ откуда $P_0 = 0,26$ или $u = 26\%$, при зависимости полноты выделенных от загрузки решета и угла направлений колебаний определяется зависимости $\varepsilon = f(q_F, \beta)$.

На Рис.2 по данным опытов построены графики в координатах (ε, q_F) для углов направления колебаний $\beta=0$. Графики подтверждают полученное нами ранее положение, что у решет с продолговатыми отверстиями производительность q_F с увеличением β уменьшается и не зависит от α [11].

Ранее [4] была найдена эмпирическая формула зависимости между ε и q_F :

$$\lg \varepsilon = -kq_F \quad (2)$$

На Рис.3 изображены графики, построенные по точкам $(\lg \varepsilon, q_F)$. Как видно из графиков точки для каждого β довольно хорошо располагаются на одной прямой, что подтверждает справедливость формулы.

Коэффициент k зависит от β . Чтобы найти эту зависимость, определим из графика (Рис.4) значение k для каждого β и построим график в координатах (k, β)

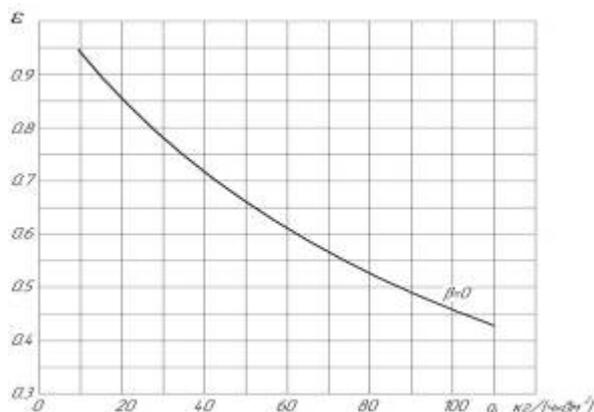


Рисунок 3. – Зависимость $\epsilon(q_F)$ при различных β и α . Размер решета фракционера 2,8 мм,

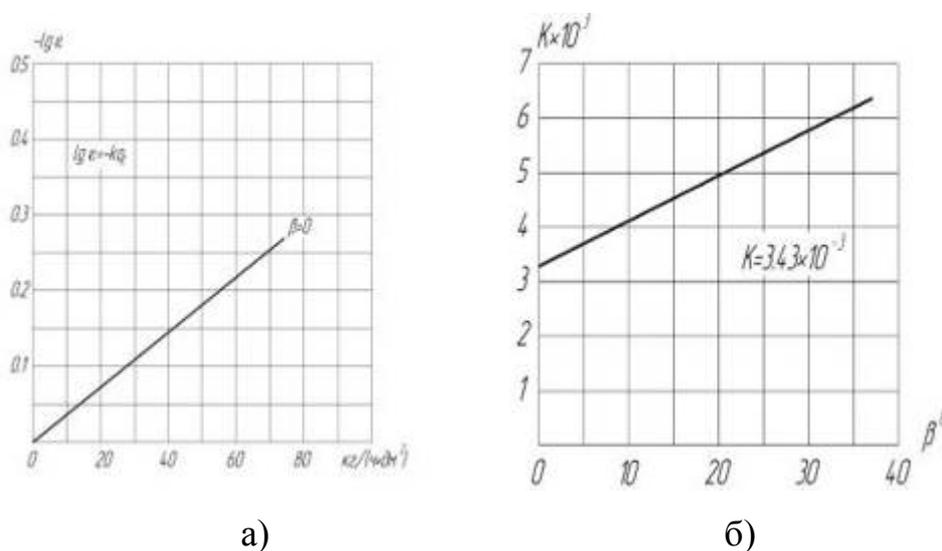


Рисунок 4. – Выпрямление кривых зависимости $\epsilon(q_F)$

по формуле $lg \epsilon = -kq_F$ размер решета фракционера 2,8мм - (а); определение коэффициента k формулы $lg \epsilon = -kq_F$, как функции β - (б).

График изображается линией достаточно близкой к прямой.

$$k = a + b\beta \tag{3}$$

Коэффициенты a и b определяем из графика:

$$a = 10^{-3} \cdot 3,45; b = 10^{-3} \cdot 0,0745$$

Выражение для k примет вид:

$$k = 10^{-3} \cdot 3,45 + 10^{-3} \cdot 0,0745\beta$$

Подставим найденное выражение k в уравнение (2), получим:

$$\lg \varepsilon = - 10^{-3} q_F (3,45 + 0,0745 \beta) \quad (4)$$

Для проверки полученной формулы сравним значения ε , вычисленные по формуле и взятые из графика (Рис.5, Табл. 1).

Таблица 1

Данные вычисления.

β	q_F	ε по формуле	ε по графику
0	40	0,728	0,725

Получаем почти полное совпадение формулы с графиком.

На Рис.5 представлены графики зависимости $A (q_B, n)$ для различных β и α , построенные по данным опытов. Все они изображаются приблизительно прямыми линиями, продолжения которых пересекают ось абсцисс в одной точке (-600). Их можно выразить уравнением:

$$A = c (q_B + 600) \quad (5)$$

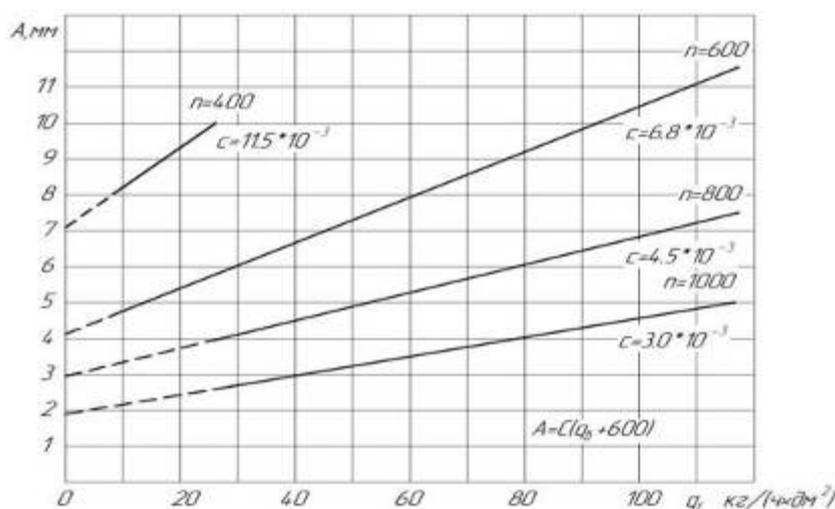


Рисунок 5. – Графики зависимости $A (q_B, n)$.

Размер решета фракционера 2,8мм. $\beta = 0^\circ$, $\alpha = 7^\circ 40'$

Коэффициент c зависит от n , β и α . Чтобы найти выражение для этой зависимости, определим значения c для каждого β, α, n (они записаны на графиках (Рис.3-4), и построим график в координатах (c, n) для различных β и α .

График этот изображен на Рис.6. Все они изображаются кривыми линиями, которые можно выразить уравнением вида:

$$c = an^b \quad (6)$$

Проверка путем построения графиков в координатах $(lg c, lg n)$ (Рис.6) показывает возможность применения этой формулы.

Коэффициенты a и b , определенные методом избранных точек по графикам $lg c (lg n)$, имеют следующие значения (после некоторого округления) (Табл.2).

Таблица 2

Данные вычисления

β	α	a	b
0	$7^\circ 40'$	107	-1,45
0	13°	50	-1,45

Коэффициент a зависит от β и α , коэффициент b зависит от β и не зависит от α при данном β .

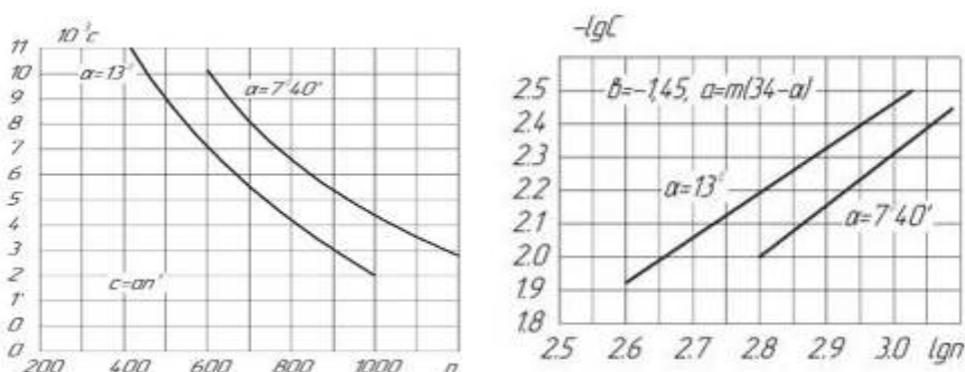


Рисунок 6. – Определение выражения для коэффициента C формулы $A = c (4B + 600)$. Размер решета фракционера 2,8 мм, $\beta = 0$

Найдем зависимость a от β и α . На графике в координатах (a, α) (Рис.7) зависимость эта изображается приблизительно прямыми линиями, продол-

жения которых пересекаются ось абсцисс в одной точке. Их можно выразить уравнением:

$$a = m (34 - \alpha) \quad (7)$$

Используя графические зависимости определим показатель m :

$$a = 3 * 1,081^{\beta} (34 - \alpha) \quad (8)$$

Остается найти зависимость коэффициента b уравнении (5) от β .

Эту зависимость можно принять приблизительно прямолинейной, что видно из графика на Рис.7, и выразить уравнением

$$b = -1,45 - r\beta \quad (9)$$

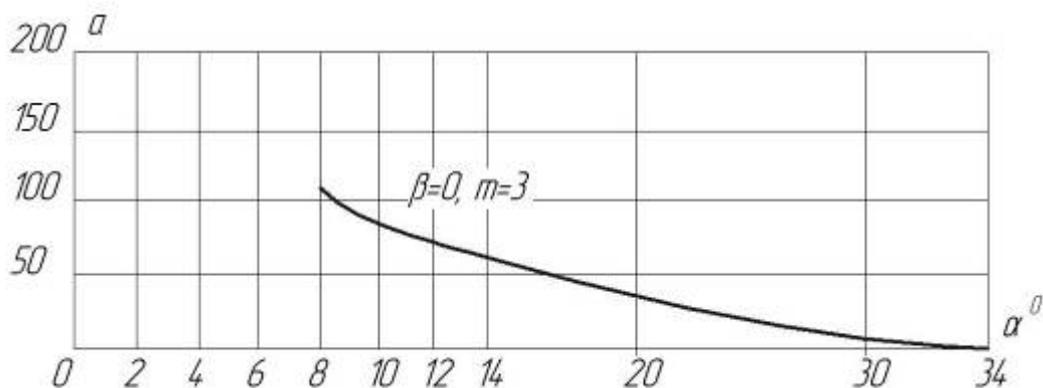


Рисунок 7. – Определение выражения для коэффициента a уравнения $s = an^b$. Решето 2,8 мм.

По данным результатам исследований получены эмпирические зависимости кинематических и технологических параметров решет, выполненных из полимерных материалов, позволяющие определить показатели A – амплитуды колебаний (мм) и q_F – удельную производительность (кг/с*м²) (загрузка единицы площади решета). (10,11)

Полнота выделения различных компонентов:

$$\lg E = -10^{-3} q_F (3,45 + 0,0745\beta) \quad (10)$$

$$A = \frac{3,0 * 1,081^{\beta} * (34 - \alpha) (q_{\beta} + 600)}{1,45n + 0,00185\beta} \quad (11)$$

На основе зависимостей получен алгоритм расчета параметров функционирования решет из полимеров с интегрированной номограммой. Номограмма используется для расчета кинематических и технологических параметров плоских посевных и сортировальных решет с продолговатыми отверстиями для пшеницы.

В среде разработки на языке C++ разработана программа для автоматического просчета параметров. В состав программы вошли технологические модули: графический интерфейс; модуль сепарирующих станков; модуль настройки технологических параметров; модуль формирования расчетной, текстовой и графической информации.

Данные расчеты и программное обеспечение будет использовано при разработке интеллектуальных систем сепарации и роботизированных технологических процессов очистки семян зерновых.

Литература.

1. Московский М.Н. Синтез системных решений технологического процесса получения семян на основе структурно-функционального моделирования: дисс. док. техн. наук: 05.20.01 / Краснодар, 2017, 491с.
2. Московский М.Н., Бутовченко А.В., Гришков А.Д. Анализ показателей работы зерноочистительного агрегата, функционирующего по различным схемам при очистке семян зерновых //Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2011. № 30. с. 245-247.
3. Московский М.Н., Бойко А.А. Сравнительная оценка макроповреждений зерна пшеницы, при вариации схем семенной очистки в отделении зерноочистительного агрегата // Инженерный вестник Дона, 2014, №1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/669.
4. Московский М.Н., Бойко А.А. Обоснование различных схем очистки зерноочистительного агрегата, при получении семенного материала



в многоотраслевом сельхозпроизводстве // Инженерный вестник Дона, 2013, №2 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/662.

5. Проектирование технологических процессов и воздушно-решетных и решетных зерноочистительных машин: монография / Ермольев Ю.И., Бутовченко А.В., Московский М.Н., Шелков М.В. - Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2010. –с. 285-319

6. Московский М.Н., Ковалева А.В., Погибельский А.Ю. Возможности использования свойств материалов на основе СВМПЭ в различных секторах АПК // Естественные и технические науки. 2014. № 2 (70). с. 260-262.

7. Московский М.Н., Бутовченко А.В. Оценка основных показателей функционирования решетных сепараторов, изготовленных из полимерных материалов на основе СВМПЭ, при семенной очистке пшеницы // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 4-2. с. 528-530.

8. Московский М.Н., Игнатенко В.И., Гришков А.Д., Немировский М.В. Методика расчёта на износоустойчивость почворезущих рабочих органов, изготовленных из полимера ТИАЛ-К на основе СВМПЭ // Естественные и технические науки. 2011. № 6 (56). с. 565-571.

9. Paulsen M. R., Nave W. R. Corn damage from conventional and rotary combines // Transactions of the ASABE.23 (5): 1100-1116. @1980: URL: asabe.org/abstract.asp?search=1&JID=3&AID=34729&CID=t1980&v=23&i=5&T=1&urlRedirect=[anywhere=on&keyword=&abstract=&title=&author=&references=&docnumber=&journals=All&searchstring=&pg=&allwords=grain%20near%20clean&exactphrase=&OneWord=&Action=Go&Post=Y&qu=]&redirType=newresults.asp

10. Wang Y. J., Chung D. S., Spillman C. K., Eckhoff S. R., Rhee C., Converse H. H. Evaluation of laboratory grain cleaning and separating equipment



// Transactions of the ASABE. 37(2) 507-513. 1994: URL: asabe.org/abstract.asp?search=1&JID=3&AID=28105&CID=t1994&v=37&i=2&T=1&urlRedirect=[anywhere=on&keyword=&abstract=&title=&author=&references=&docnumber=&journals=All&searchstring=&pg=&allwords=grain%20near%20cleaning&exactphrase=&OneWord=&Action=Go&Post=Y&qu=]&redirType=newresults.asp.

11. Труды ВИМ, Т.27, 1960, с. 56 -62.

References

1. Moskovskij M.N. Sintez sistemnyh reshenij tehnologicheskogo processa poluchenija semjan na osnove strukturno-funkcional'nogo modelirovanija [Synthesis of system solutions for the technological process of obtaining seeds on the basis of structural and functional modeling]: Diss. Dok. Tehn. nauk: 05.20.01. Krasnodar, 2017, 491 p.

2. Moskovskij M.N., Butovchenko A.V., Grishkov A.D. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. № 30. pp. 245-247.

3. Moskovskij M.N., Bojko A.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/669.

4. Moskovskij M.N., Bojko A.A. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №2. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/662.

5. Ju.I. Ermol'ev, A.V. Butovchenko, M.N. Moskovskij, M.V. Shelkov. Proektirovanie tehnologicheskikh processov i vozdušno-reshetnyh i reshetnyh zernoочистител'nyh mashin: monografija [Design of technological process in air sieves in grain cleaner machines]. Rostov n/D: Izdatel'skij centr DGTU, 2010. pp. 285-319

6. Moskovskij M.N., Kovaleva A.V., Pogibel'skij A.Ju. Estestvennye i tehničeskie nauki. 2014. № 2 (70). pp. 260-262.

7. Moskovskij M.N., Butovchenko A.V. Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2013. V. 15. № 4-2. pp. 528-530.



8. Moskovskij M.N., Ignatenko V.I., Grishkov A.D., Nemirovskij M.V. Estestvennye i tehniczeskie nauki. 2011. № 6 (56). pp. 565-571.
9. Paulsen M. R., Nave W. R. Transactions of the ASABE. 23 (5): 1100-1116. @1980: URL: [asabe.org/abstract.asp?search=1&JID=3&AID=34729&CID=t1980&v=23&i=5&T=1&urlRedirect=\[anywhere=on&keyword=&abstract=&title=&author=&references=&docnumber=&journals=All&searchstring=&pg=&allwords=grain%20near%20clean&exactphrase=&OneWord=&Action=Go&Post=Y&qu=\]&redirType=newresults.asp](http://asabe.org/abstract.asp?search=1&JID=3&AID=34729&CID=t1980&v=23&i=5&T=1&urlRedirect=[anywhere=on&keyword=&abstract=&title=&author=&references=&docnumber=&journals=All&searchstring=&pg=&allwords=grain%20near%20clean&exactphrase=&OneWord=&Action=Go&Post=Y&qu=]&redirType=newresults.asp)
10. Wang Y. J., Chung D. S., Spillman C. K., Eckhoff S. R., Rhee C., Converse H. H. Transactions of the ASABE. 37(2) 507-513. 1994: URL: [asabe.org/abstract.asp?search=1&JID=3&AID=28105&CID=t1994&v=37&i=2&T=1&urlRedirect=\[anywhere=on&keyword=&abstract=&title=&author=&references=&docnumber=&journals=All&searchstring=&pg=&allwords=grain%20near%20cleaning&exactphrase=&OneWord=&Action=Go&Post=Y&qu=\]&redirType=newresults.asp](http://asabe.org/abstract.asp?search=1&JID=3&AID=28105&CID=t1994&v=37&i=2&T=1&urlRedirect=[anywhere=on&keyword=&abstract=&title=&author=&references=&docnumber=&journals=All&searchstring=&pg=&allwords=grain%20near%20cleaning&exactphrase=&OneWord=&Action=Go&Post=Y&qu=]&redirType=newresults.asp).
11. Trudy VIM, T.27, 1960, pp. 56 -62.