

Джураев Анвар, д.т.н., профессор кафедры машиноведение и сервисное обслуживание Ташкентского института текстильной и легкой промышленности, г. Ташкент, Узбекистан,

Anvar Juraev, doctor of technical Sciences, Professor of the Department of machine science and service of the Tashkent Institute of textile and light industry, Tashkent, Uzbekistan,

Кулиев Тохир Мамаражапович, к.э.н., Генеральный директор АО "Paxtasanoat ilmiy markazi", г. Ташкент, Узбекистан,

Kuliyev Tohir Mamarazjapovich, Ph. D., General Director of JSC "Paxtasanoat ilmiy markazi", Tashkent, Uzbekistan,

Чориев Шахриддин Нурсаидович, к.б.н., Директор ДП «РИМ устахонаси», г. Ташкент, Узбекистан,

Choriev Shakhriddin Nursaidovich, Ph. D., Director OF DP "RIM ustakhonasi", Tashkent, Uzbekistan,

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ОБОСНОВАНИЕ
ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОЧИСТИТЕЛЯ
ВОЛОКНИСТОГО МАТЕРИАЛА ОТ КРУПНОГО СОРА
IMPROVING THE DESIGN AND JUSTIFICATION OF OPTIMAL
PARAMETERS OF THE FIBER MATERIAL CLEANER FROM LARGE
DEBRIS**

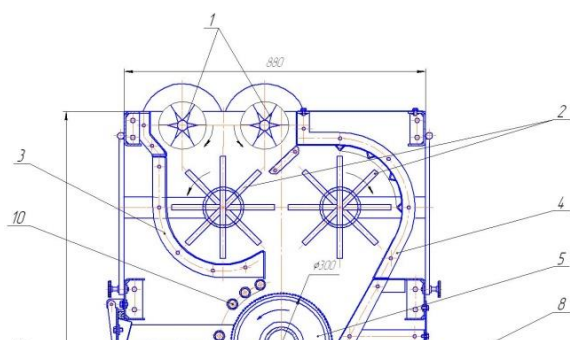
Аннотация. В статье приведены конструктивная схема очистителя волокнистого материала, в частности хлопка-сырца от крупного сора. Подробно представлен принцип работы рекомендуемого очистителя волокнистого материала ПТ-10. На основе полнофакторных экспериментов обоснованы оптимальные параметры очистителя ПТ-10, обеспечивающие увеличения эффекта очистки, снижение свободного волокна в хлопке-сырце и содержания хлопка-сырца в отходах.

Ключевые слова. Очиститель, волокнистый материал, крупный сор, прутковый барабан, пыльный, планчатый, колосники, шнек, эффект, отходы, качество, оптимизация, уравнение регрессии, производительность.

Annotation. The article presents a design diagram of a fiber material cleaner, in particular raw cotton from large litter. The principle of operation of the recommended fiber material cleaner PT-10 is presented in detail. On the basis of full-factor experiments, the optimal parameters of the PT-10 cleaner are justified, which provide an increase in the cleaning effect, a decrease in the free fiber in raw cotton and the content of raw cotton in waste.

Keywords. Cleaner, fiber material, large litter, bar drum, saw, slat, grate, screw, effect, waste, quality, optimization, regression equation, productivity.

Проведенный аналитический обзор показал, что оптимальной схемой очистителя является схема с дифференцированной технологией очистки хлопка-сырца, принципиальное отличие которой от последовательной технологии очистки заключается в следующем. Зазоры между колосниками, установленными у каждого из вышерасположенного захватывающих пильных цилиндров больше, чем у каждого из нижерасположенных пильных цилиндров, а выделенные через зазоры между колосниками сорные примеси и летучки хлопка-сырца по наклонным лоткам поступают от каждого из вышерасположенных



1-питающих валик, 2-рыхлительный прутковый барабан, 3- кожух, 4-направитель, 5, 6, 7- пильный цилиндр, 8, 9-снимающий планчатый барабан, 10,13-закрепляющий колосник, 11,14-очищающие колосник, 12-направляющие лотки, 15-нижний наклонный лоток, 16-шнек, 17-отражательные щитки.
Рис.1. Схема очистителя хлопка крупного сора

захватывающих пильных цилиндров к каждому следующему из нижерасположенных пильных цилиндров. Очищенный хлопок-сырец снимается с каждой пары соседних пильных цилиндров индивидуальным снимающим планчатым барабаном [1].

На основании вышеизложенного автором разработана конструктивная схема

очистителя хлопка-сырца машинного сбора, общий вид которого приведен на рис.1. Очиститель хлопка-сырца машинного сбора включает питающую секцию, содержащую два питающих валика 1 и два рыхлительных прутковых барабана 2 с кожухами 3 и направитель 4, лоток 19, очистительную и регенерационную секции, очистительная включает два пильных цилиндра 5, 6, регенерационная один пильный цилиндра 7 и с закрепляющими колосниками 10, 13, очищающими колосниками 11, 14 и по одному снимающему планчатому барабану 8, 9 [1,2].

Между пильными цилиндрами 5, 6 в очистительной секции установлены отражательные щиток 17. Наклонно к пильным цилиндрам 5, 6 и 7 расположены направляющие лотки 4, 12. Выгрузочное отверстие очистителя образовано нижними кромками наклонных лотков.

Диаметры питающих валиков равны как в серийных очистителях 140 мм, рыхлительных прутковых барабанов равны 300 мм, захватывающих пильных цилиндров также 300 мм, снимающих планчатых барабанов – 284 мм, причем планки выполнены из гнутых швеллеров.

Очищающая и регенерационная секции отличаются друг от друга зазорами между очищающими колосниками и их диаметрами. В очистительной секции диаметры очищающих колосников равны 32 мм. Зазоры между ними в колосниковой решетке у первого по ходу хлопка-сырца пильного цилиндра равны 70 мм, у второго – 50 мм. В регенерационной секции диаметры очищающих колосников равны 20 мм, зазоры между ними 40 мм. Диаметры закрепляющих колосников в обеих секциях равны 32 мм, зазоры между ними равны 16 мм. Зазоры между пильными цилиндрами и всеми колосниками равны 15 мм. Частота вращения питающих валиков регулируется от 0 до 20 об/мин, частота вращения прутковых барабанов равна 650 об/мин, пильных цилиндров 500 об/мин, планчатых барабанов 960 об/мин.

Рекомендуемый очиститель был спроектирован и изготовлен опытный образец. Для оптимизации параметров были проведены полнофакторные эксперименты. Экспериментальные исследования проведены по плану многофакторного эксперимента H_5 [3,4]. Число различных опытов – 27; число повторностей – 3; число факторов – 5. Результаты экспериментов по Y_1 - содержанию свободного волокна в хлопке-сырце приведен согласно вышеприведенной методике. На рис.2. Представлены фотоснимки рекомендуемого очистителя хлопка-сырца от крупного сора ПТ-10. При этом результаты расчета по критерию Y_1 – по содержанию свободного волокна в хлопке-сырце: табличное значение критерия Стьюдента $T(54) - 2.005$; табличное значение критерия Кохрена $G(2,27) - 0.2167$; вычисленное значение критерия Кохрена – $9.523819E-02$; дисперсия воспроизводимости – $5.185186E-05$.

Уравнение регрессии по содержанию свободного в хлопке-сырца:

$$Y_1 = 0.247 - 0.024 X_1 + 0.006 X_2 + 0.004 X_3 + 0.003 X_4 + 0.000 X_5 + 0.027 X_1^2 - 0.007 X_1 X_2 + 0.007 X_1 X_3 - 0.002 X_1 X_4 - 0.007 X_1 X_5 + 0.005 X_2 X_3 - 0.005 X_2 X_4 - 0.012 X_2 X_5 - 0.006 X_3 X_5 - 0.005 X_4 X_5 - 0.017 X_5^2. \quad (1)$$

При этом проверку математической модели (1) на адекватность показала, что: дисперсия адекватности – $2.424235E-05$; вычисленное значение критерия Фишера – 1.402593 ; табличное значение критерия Фишера $FT(11,54) - 1.93$. Значит, что условие адекватности выполняется. Поэтому математическая модель (1) адекватная [4]. Проведённые расчеты по критерию Y_2 -пообщему очистительному эффекту машины: табличное значение критерия Стьюдента $T(54) - 2.005$; табличное значение критерия Кохрена $G(2,27) - 0.2167$; вычисленное значение критерия Кохрена – 0.1346186 ; дисперсия воспроизводимости – $6.41972E-03$.



а – общий вид привода
очистителя ПТ-10



б – зона очистки хлопка очистителя

Рис.2. Фотосъемки общего вида очистителя хлопка ПТ-10

Согласно вышеприведенной методики составления уравнения регрессии [4,5] для выходного параметра Y_2 – общему очистительного эффекта машины ПТ-10 получим:

$$Y_2 = 64.509 + 0.481X_1 - 0.730 X_2 - 0.159 X_3 + 2.441 X_4 - 1.000 X_5 - 0.839 X_1^2 - 0.058 X_1X_2 + 0.212 X_1X_3 + 0.104 X_1X_5 - 5.506 X_2^2 - 0.067 X_2X_3 - 0.175 X_2X_4 + 0.483 X_2X_5 - 2.606 X_3^2 - 0.613 X_3X_4 - 0.313 X_3X_5 - 0.273 X_4X_5 - 0.496 X_4X_5 - 2.273 X_5^2 \quad (2)$$

Проверка математической модели на адекватность показала, что: дисперсия адекватности - $2.47327E-04$; вычисленное значение критерия Фишера - 0.1155784; табличное значение критерия Фишера $F_T(7,54)$ - 2.19. Результаты показывают, что условие адекватности выполняется. Таким образом математическая модель адекватная. Согласно результатов расчета по критерию Y_3 - по содержанию хлопка-сырца в отходах имеем: табличное значение критерия Стьюдента $T(54)$ - 2.005; табличное значение критерия Кохрена $G(2,27)$ - 0.2167; вычисленное значение критерия Кохрена - 0.1737403; дисперсия воспроизводимости - $4.974073E-05$. Тогда уравнение регрессии для Y_3 – содержания хлопка-сырца в отходах получено в виде:

$$Y_3 = 0.045 - 0.008 X_3 - 0.031 X_4 + 0.004 X_5 + 0.011 X_1^2 - 0.003 X_1 X_2 - 0.015 X_1 X_4 - 0.005 X_1 X_5 + 0.005 X_2 X_4 + 0.007 X_2 X_5 - 0.013 X_3 X_4 - 0.010 X_3 X_5 + 0.031 X_4^2 + 0.011 X_5^2. \quad (3)$$

Проверка математической модели (5.11) на адекватность показала, что: дисперсия адекватности - 3.387638E-06; вычисленное значение критерия Фишера - 0.2043178; табличное значение критерия Фишера $F_T(12,54) - 1.94$;

Условие адекватности выполняется. Таким образом математическая модель адекватная. Таким образом, в результате обработки экспериментальных данных с использованием компьютерного программного обеспечения получены уравнения регрессии, адекватно описывающие ход технологического процесса очистки хлопка марки ПТ-10.

Теперь рассмотрим вопрос оптимизации технологического процесса очистки хлопка при условии:

$$Y_1(X_1, X_2, X_3) \leq 0,3; Y_2(X_1, X_2, X_3) \text{ ---- макс.}$$

$$Y_3(X_1, X_2, X_3) \leq 0,1; X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, X_4 \geq 0, X_5 \geq 0$$

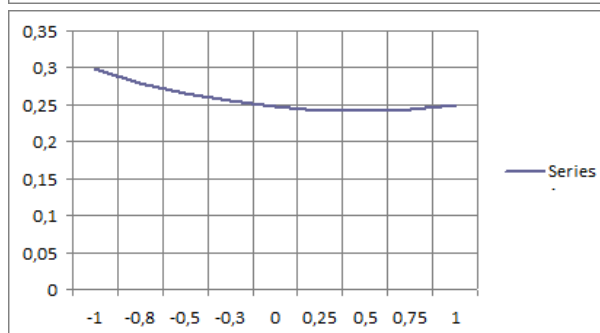
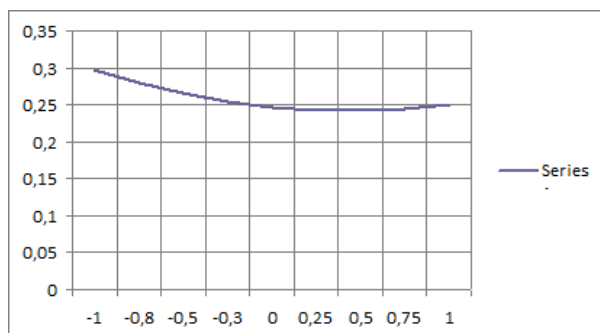
Сначала рассмотрим графические зависимости изменения выходных критериев от входных параметров.

С увеличением частоты вращения рыхлительного пруткового барабана, хлопок эффективно разрыхляется, поэтому хлопок на очистительные пыльные барабаны поступает более рыхлым, и естественно содержание свободного волокна в хлопке-сырце уменьшается (см. рис.3). При этом снижение свободного волокна незначительно. Это объясняется тем, что при увеличении скорости вращения пыльного барабана, время взаимодействия хлопка с колосниками значительно сокращается, также может быть уменьшение соударений летучек хлопка с колосниками. Из графика видно, что с увеличением частоты вращения рыхлительного пруткового барабана до 600 об/мин общий очистительный эффект повышается, а с дальнейшим увеличением частоты вращения очистительный

эффект имеет тенденцию на уменьшение (см. рис.4а). Это объясняется тем, что значительное увеличение скорости вращения пильного барабана приводит к снижению времени взаимодействия частицы хлопка с колосниками. При этом сор находится в хлопке не успевает выделяется из него. Поэтому увеличение частоты вращения пильного барабана более чем 600 мин^{-1} приводит к снижению эффекта очистки. Кроме того, анализ графиков на рис.5а показывает, что с увеличением частоты вращения рыхлительного пруткового барабана до 600 об/мин содержание летучек в отходах снижается, а с дальнейшим увеличением частоты вращения рыхлительного барабана содержание хлопка в отходах увеличивается. При высоких скоростях летучки хлопка с достаточной инерционной силой ударяясь о колосники. Это приводит к чистому выпаданию летучек в отходы.

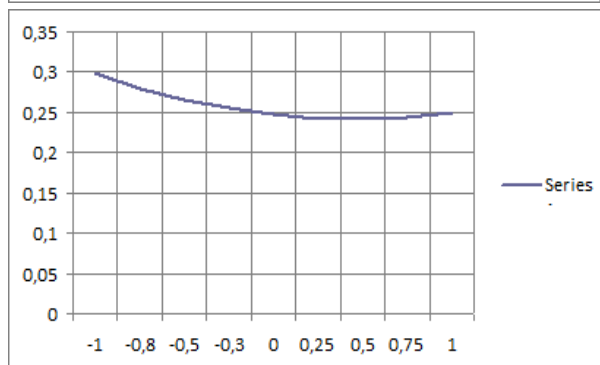
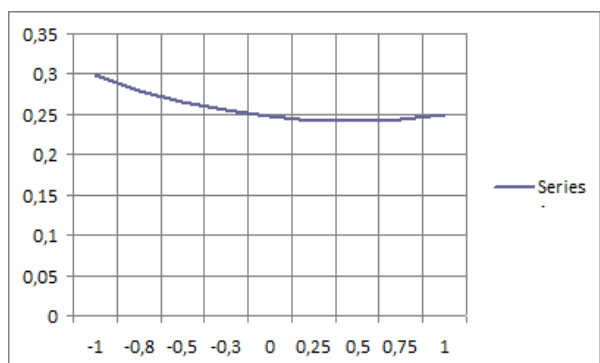
Влияния зазора между колосниками в первом очистительном барабане (X2) значительно влияет на выходные параметры. Увеличение зазора между колосниками в первом очистительном барабане в исследованных пределах их значения способствует снижению содержания свободного волокна в хлопке. Это объясняется тем, что с увеличением этого зазора уменьшается нагрузка на первый пильный очистительный барабан, потому что через зазоры между колосниками больше хлопков переходит на второй пильный барабан. Это способствует снижению содержания свободного волокна в хлопке (см. рис.3б).

Из графика на рис.4б видно, что с увеличением зазора между колосниками в первом очистительном барабане до 65 мм общий очистительный эффект повышается, а с дальнейшим увеличением зазора уменьшается.



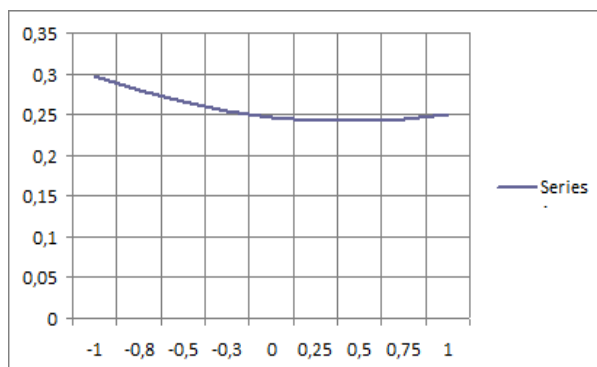
а)

б)



в)

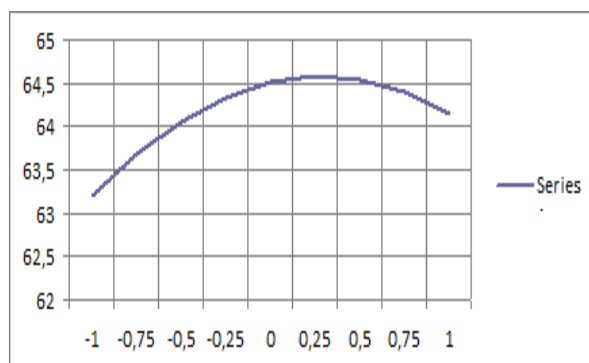
г)



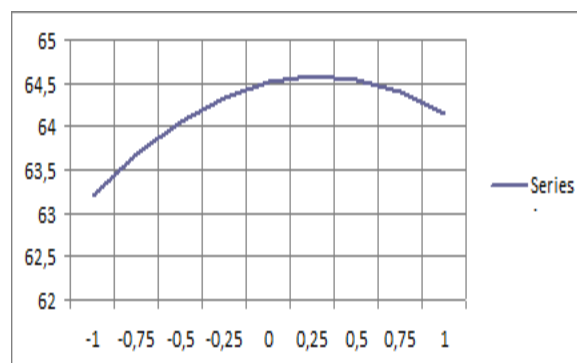
д)

а – от изменения X_1 ; б – от изменения X_2 ; в – от изменения X_3 ; г – от изменения X_4 ; д – от изменения X_5 .

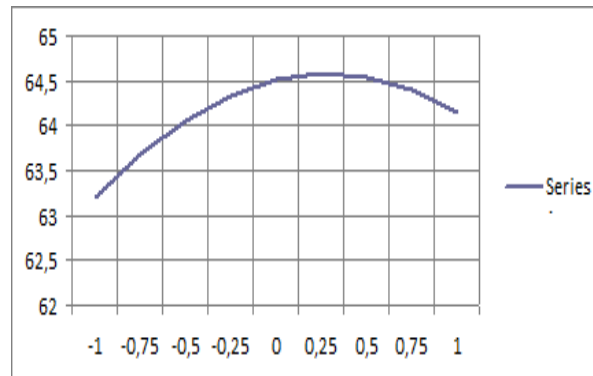
Рис.3. Зависимости изменения содержания свободного волокна от изменения входных факторов очистителя ПТ-10.



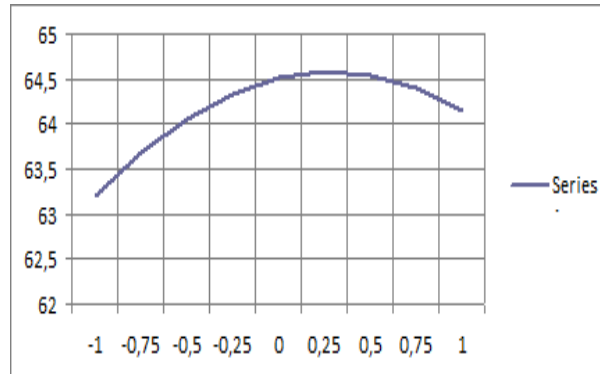
а)



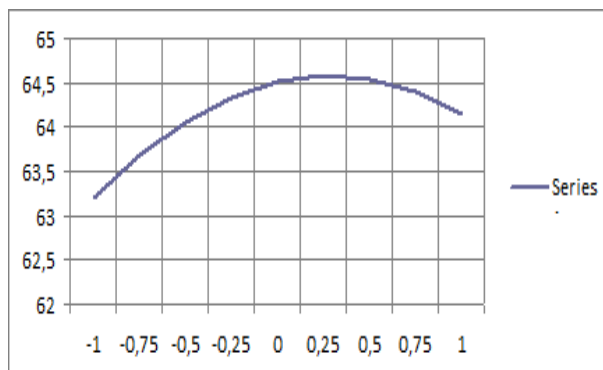
б)



в)



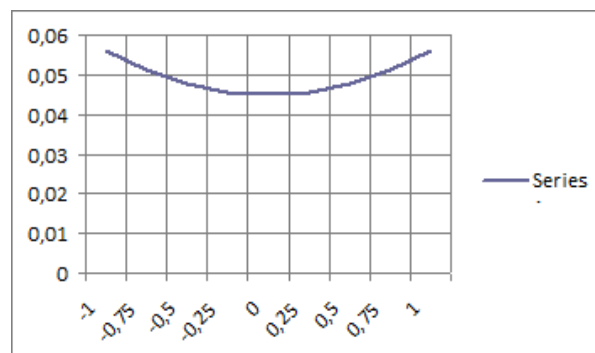
г)



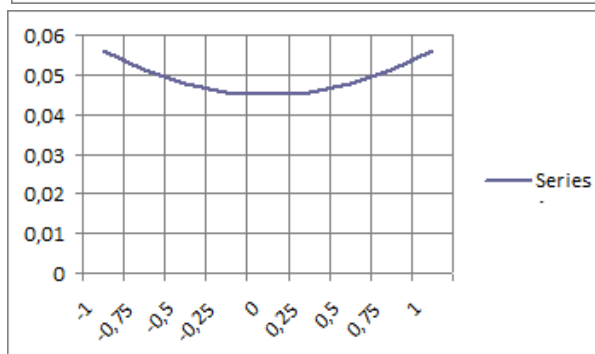
д)

а – от изменения X_1 ; б – от изменения X_2 ; в – от изменения X_3 ; г – от изменения X_4 ; д – от изменения X_5 .

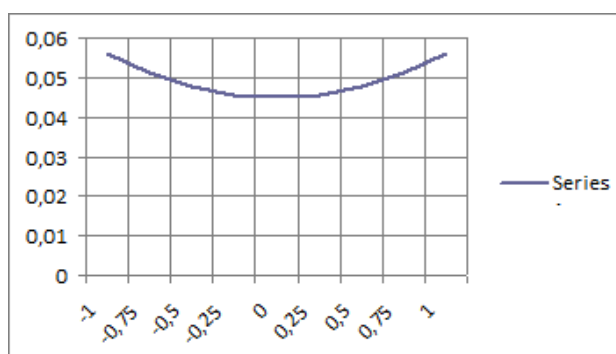
Рис.4. Зависимости изменения общего очистительного эффекта от изменения входных параметров



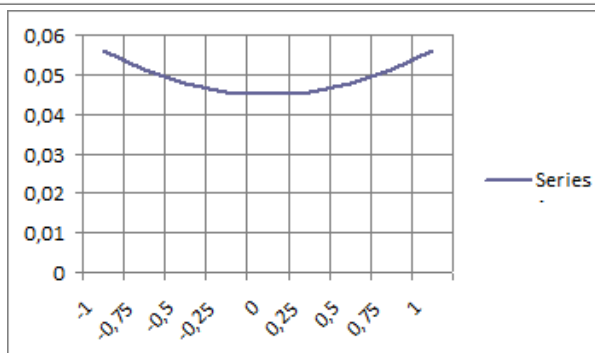
а)



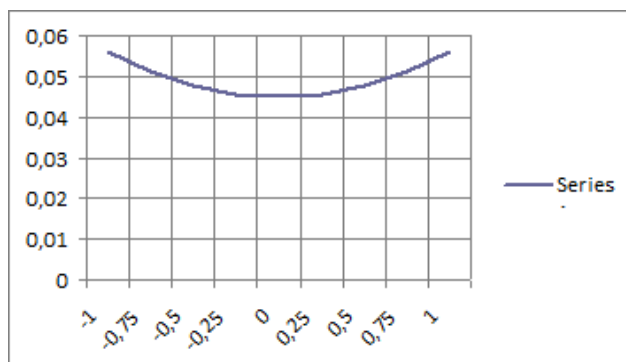
б)



в)



г)



д)

а – от изменения X_1 ; б – от изменения X_2 ; в – от изменения X_3 ; г – от изменения X_4 ; д – от изменения X_5 .

Рис.5. Зависимости изменения содержания хлопка-сырца в отходах от изменения входных параметров.

Зазор между колосниками во втором очистительном барабане (X_3) также влияет на входные параметры (см. рис.3в, рис.4в, рис.5в). Увеличение зазора между колосниками во втором очистительном барабане в исследованных пределах его значения способствовало снижению величины свободного волокна в хлопке (рис.3в).

Из графика видно, что с увеличением зазора между колосниками во втором очистительном барабане до 50 мм общий очистительный эффект повышается, а с дальнейшим увеличением зазора – уменьшается [6,7].

Из графика видно, что с увеличением зазора между колосниками во втором очистительном барабане до 50 мм происходит снижение содержания хлопка в отходах, а с дальнейшим увеличением этого зазора содержание хлопка в отходах увеличивается (рис.5в).

Увеличение зазора между колосниками в третьем очистительном барабане в исследованных пределах его значения способствовало снижению величины свободного волокна в хлопке (рис.3г).

Увеличение зазора между колосниками в третьем очистительном барабане до его базового значения повышает содержание свободного волокна в хлопке, а с дальнейшим увеличением происходит снижение этой величины.

Увеличение зазора между колосниками в третьем очистительном барабане до его базового значения способствует снижению хлопка в отходах (см. рис.5г), а дальнейшее его увеличение способствует увеличению величины хлопка в отходах, так как в этом случае происходит увеличение проваливания летучек хлопка через большой зазор между колосниками. Увеличение зазора между колосниками в третьей зоне очистки хлопка-сырца от крупного сора до 45 мм приводит к увеличению эффекта очистки (см. рис.4г), а дальнейшее его увеличение зазор между колосниками снижает частоту воздействия летучек хлопка с колосниками. Поэтому эффект очистки снижается. Изменение диаметра колосников в первом очистительном барабане (X5) значительно влияет на выходные параметры. Увеличение диаметра колосников в первом очистительном барабане в исследованных пределах способствовало снижению величины свободного волокна в хлопке (см. рис.3д). Увеличение диаметра колосников в первом очистительном барабане до 32 мм способствовало увеличению общего очистительного эффекта очистителя (см. рис.4д). С дальнейшим увеличением диаметра колосников в первом очистительном барабане происходит уменьшение общего очистительного эффекта очистителя. Увеличение диаметра колосников в первом очистительном барабане до 32 мм в первом очистительном барабане приводит к снижению хлопка в отходах, а дальнейшее его увеличение способствует увеличению величины хлопка в отходах (см. рис.5д).

Задача оптимизации решена с помощью метода случайного поиска и были получены следующие оптимальные решения. Согласно результатам исследования, оптимальная частота вращения рыхлительного пруткового барабана 600 об/мин, зазор между колосниками в первом очистительном барабане 65 мм, зазор между колосниками во втором очистительном барабане 50 мм, зазор между колосниками в третьем очистительном

барабане 40 мм, диаметр колосников в первом очистительном барабане 32 мм.

Выводы. Разработана эффективная конструкция очистителя хлопка-сырца от крупного сора. На основе полнофакторных экспериментов получены оптимальные значения параметров очистителя ПТ-10, позволяющие увеличения эффекта очистки, снижение свободного волокна в хлопке и содержания хлопка-сырца в отходах.

Литература

1. Кулиев Т.М. и др. Установка очистителя хлопка комбинирования. Заявка на патент №FAP 20190219, 14.11.2019.
2. Кулиев Т.М. и др. Очиститель хлопка-сырца. Заявка на патент №IAP 20190541, 30.12.2019.
3. Бафаев Д.Х. Повышение эффективности прямоточных одноступенчатых волокноочистительных машин //Молодой ученый, 2016, №5 – с 14-16.
4. Кулиев Т.М. и др. Регенератор хлопка-сырца. Заявка на патент №FAP 20190057.
5. Мухаммадиев Д.М., Рахматкариев Ш.У., Бахадиров К.Г. Испытания рабочей камеры пильного джина с дополнительной семяотводящей системой. Ташкент, Проблемы текстиля №1.2004, стр. 33-38.
6. Djuraev A., Kuliev T.M. Designing and methods of calculating parameters of a fibrous material cleaner from large litter. Scopus. International Journal of Advanced Science and Technology Vol. 29, No. 8s, (2020), pp. 444-452.
7. Djuraev A., Kuliev T.M. Improvement of the Construction and Justification of Parameters of the Fibrous Material Regenerator. Scopus. International Journal of Advanced Science and Technology Vol. 29, No. 8s, (2020), pp. 453-460.