

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОТСТАИВАНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ
В ПРЕССОВОМ ХЛОПКОВОМ МАСЛЕ****Юлдашев Хусан Махмудович***ассистент,
Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан, г. Карши***Абдурахмонов Олим Рустамович***д-р техн. наук, проф.,
Бухарский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: azi100@mail.ru***Жумаев Журабек***канд. техн. наук, доцент,
Бухарский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Бухара***MODELING THE SETTLING PROCESS PARTICULATES IN PRESSED COTTON OIL****Husan Yuldashev***Assistant,
Karshi Institute of Engineering and Economics,
Republic of Uzbekistan, Karshi***Olim Abdurakhmanov***Doctor of technical sciences, professor,
Bukhara engineering-technological institute,
Republic of Uzbekistan, Bukhara***Zhurabek Juraev***Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor,
Bukhara State University,
Republic of Uzbekistan, Bukhara***АННОТАЦИЯ**

Исследовано образование в составе прессового хлопкового масла твердых частиц. Приведена конструкция фузаловушки с стрежневыми интенсификаторами и описаны ее преимущества. Получены и обобщены зависимости основных параметров процесса осаждения твердых частиц прессового масла, в частности, изменение степени очистки прессового масла от твердых частиц в зависимости от линейной скорости течения прессового масла, его температуры и угла наклона стержней. Получена математическая модель процесса отстаивания твердых частиц из состава прессового масла на основе полный факторного эксперимента и графические исследования влияния факторов на степень удаления взвеси из состава прессового масла.

ABSTRACT

The formation of solid particles in the composition of pressed cottonseed oil has been investigated. The design of a fuselage with rod intensifiers is given. The advantages of this design are described. The dependences of the main parameters of the process of precipitation of solid particles of pressed oil are obtained and generalized. In particular, the change in the degree of purification of the pressed oil from solid particles depends on the linear flow velocity of the pressed oil, its temperature and the angle of inclination of the rods. A mathematical model of the solid particles settling process from the composition of the pressed oil is obtained based on a complete factor experiment and graphical studies of the influence of factors on the degree of suspension removal from the composition of the pressed oil

Ключевые слова: хлопковая фуза, отстаивание, прессовое масло, отстойник, интенсификатор улавливания фузы.

Keywords: cotton fuse, settling, pressed oil, settling tank, intensifier of fuses recovery.

Введение. Отстаивание является наиболее дешевым гидродинамическим процессом, довольно широко применяемых для разделения суспензий. Использование процесса отстаивания при разделении жидких неоднородных систем способствует уменьшению удельного расхода энергии. Организация процесс осаждения твердых частиц легко осуществляется, а аппарат, на котором проводится процесс имеет простую конструкцию. В свою очередь последующее окончательное разделение гетерогенной смеси осуществляется более сложными способами. Ввиду малой движущей силы в процессе отстаивания возможно с достаточной эффективностью отделять только крупные частицы [1, 2]. Исходя из вышесказанного сформулирована следующая цель исследования - повышение эффективности разделения суспензий отстаиванием. Для достижения цели поставлена задача исследования – моделирование процесса отстаивания твердых частиц в прессовом хлопковом масле.

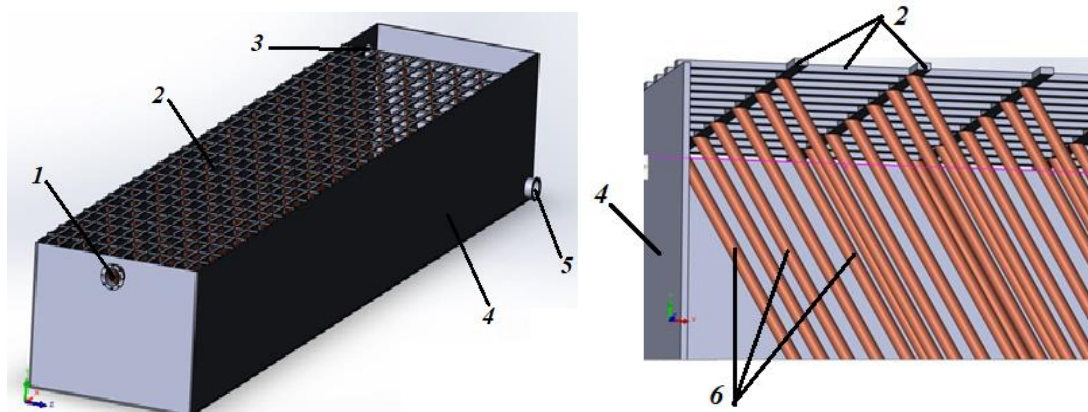


Рисунок 1. Отстойник с стержневыми интенсификаторами: 1 – входной патрубок, 2 – решетка для подвеса стержней, 3 – патрубок для вывода очищенной жидкости, 4 – корпус, 5 – патрубок для вывода осадка, 6 – подвесные стержни

Корпус (4) отстойника изготовлен в виде прямоугольного параллелепипеда. Для эффективного отстаивания прессового масла линейная скорость тока смеси, с учетом производительности, подбирается минимальной. Стержни (6) подвешены к решетке под углом по току прессового масла [2].

Методы исследования и полученные результаты

На процесс отстаивания влияют множество факторов, это - технологические параметры процесса, физико-химические свойства дисперсионной среды и дисперсной фазы, наличие и эффективность интенсификаторов осаждения и др.

Во многих случаях эффективным выходом из проблемных ситуаций, связанных с получением достоверных результатов сложных многофакторных экспериментов, а также их моделирования, является выявление регрессионных уравнений, получаемых на основе планирования эксперимента. Как известно планирование эксперимента базируется на процедуре выбора числа и условий проведения опытов,

Материалы и методы

При прессовании маслосодержащих семян в состав прессованного масла (дисперсионная среда) попадают твердые частицы (дисперсная фаза) шелухи и другие механические частицы. Выдавливанием через зерные щели пресса и струей потока прессового масла выносятся мелкие частицы и более крупные образования этой смеси. В результате неизбежно образуется суспензия с содержанием твердых частиц. Очистка такой неоднородной системы от механических частиц способствует эффективной эксплуатации оборудования, находящегося далее в технологической линии.

Авторами разработана фузоловушка с интенсификаторами (рис. 1). В качестве интенсификатора отстаивания твердых частиц применены подвесные стержни. Они подвешены к решетке (2), находящейся под крышкой аппарата.

необходимых и достаточных для получения математической модели исследуемого процесса [3, 4].

Для получения математической модели процесса осаждения твердых частиц из прессового масла выбран центральный ортогональный композиционный план второго порядка, так как он дает наиболее точное описание области, близкой к экстремальным значениям основных параметров отстойника. Центральные композиционные планы 2-го порядка называют вследствие симметричности относительно центра плана. Композиционными они называются потому, что komponуются путем добавления определенного количества опытов к плану 1-го порядка. Звездные точки имеют координаты $(\pm a, 0, 0)$; $(0, \pm a, 0)$ и $(0, 0, \pm a)$.

При графическом исследовании влияющих факторов на выход процесса, за который принята степень удаления взвеси (в долях от 1) из состава прессового масла, можно показать только непрерывную связь между двумя переменными. Зависимость функции отклика от большего числа влияющих факторов можно изобразить дискретно или непрерывно,

с помощью аксонометрических построений *Response Surface Methodology (RSM)*. *RSM* - это эмпирическая модель, в которой используются математические и статистические методы для соотношения входных переменных, иначе известных как факторы, с ответом. Метод был представлен Джорджем Э.П. Боксом и К.Б. Уилсоном [9, 10, 11]. С помощью это метода математическую модель графически представляем в виде частных зависимостей $y=f(z_i)$.

Результаты и обсуждение

Составление матрицы планирования эксперимента основывается на полном факторном плане эксперимента первого порядка вида 2^k (здесь k - число факторов); к композиционному плану прибавляется так называемое «звездное плечо» α и тогда план будет ортогональным.

На основе максимального z_i^+ и минимального z_i^- значения параметров определяются координаты центра плана, так называемый основной уровень z_i^0 , а также интервал (шаг) варьирования Δz_i :

Значения центральных уровней и их интервалов варьирования, вычисляются по формулам.

$$z_i^0 = (z_i^+ + z_i^-)/2, \Delta z_i = (z_i^+ - z_i^-)/2, \quad (1)$$

где $i=1, 2, 3, \dots, k$.

Натуральное значение «звездного плеча» вычисляется по формуле

$$\pm \alpha_{z_i} = z_i^0 \pm (\Delta z_i \cdot \alpha), \quad (2)$$

где α - координаты звездных точек.

Общее количество опытов (N) в матрице композиционного плана Бокса-Уилсона для k факторов составит при $k < 5$ [9, 10, 11]

$$N = N_0 + 2s + n_0 \quad (3)$$

где N_0 - число опытов полного факторного эксперимента;

s - количество «звездных» точек;

n_0 - число опытов в центре плана.

Количество опытов N_0 при ПФЭ определяется по формуле:

$$N_0 = n^k, \quad (4)$$

где n - количество уровней;

k - число факторов.

Значение координата «звездного плеча» α рассчитывается по формуле:

$$\alpha = \sqrt{((\sqrt{N_0 \cdot N}) - N_0)/2}, \quad (5)$$

где N_0 - число опытов полного факторного эксперимента 2^k .

Для того, чтобы матрица планирования обладала свойством ортогональности, необходимо ввести столбцы с корректированными значениями x'_i , которые вычисляются по формуле составит [12]

$$(x'_i)^2 = x_i^2 - \frac{\sum x_i^2}{n} \quad (6)$$

$$(x'_i)^2 = x_i^2 - \frac{\sum x_i^2}{n} \bar{y}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m y_{ij}, i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

Рассчитываем средние значения отклика в каждой точке факторного пространства \bar{y} :

$$\bar{y}_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m y_{ij}, i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

где $m=3$ – число повторности опытов.

Уровни факторов представляют собой границы исследуемой области по основным параметрам (минимальное и максимальное значение фактора) процесса:

- линейной скорости тока прессового масла в фузаловушке (z_1),
- температуры прессового масла (дисперсионной среды, z_2),
- угла наклона стержней (z_3) в фузаловушке.

В качестве значения отклика (выхода процесса) у принята степень удаления взвеси из состава прессового масла (%). Подробное описание определение значения отклика у приведено в литературе [1]. При выборе верхнего и нижнего уровней факторов учитывались ограничения, связанные с особенностью исследуемых параметров отстойника [5-8].

Результаты и обсуждение

При планировании по схеме полного факторного эксперимента (ПФЭ) приняты возможные комбинации основных факторов на всех выбранных для исследования уровнях. Общее количество опытов рассчитано по формуле (3), звездного плеча по формуле (5)

$$N = 2^3 + 2 \cdot 3 + 1 = 15.$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{\sqrt{8 \cdot 15} - 8}{2}} = 1,215.$$

Натуральное значение «звездного плеча» для 1-го фактора – линейная скорость тока прессового масла в отстойнике:

$$-\alpha_{z_1} = 0,0007 - (0,0003 \cdot 1,215) = 0,00033 \text{ м/с};$$

$$+\alpha_{z_1} = 0,0007 + (0,0003 \cdot 1,215) = 0,00106 \text{ м/с};$$

для 2-го фактора – температура масла в отстойнике:

$$-\alpha_{z_2} = 80 - (10 \cdot 1,215) = 67,85 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$+\alpha_{z_2} = 80 + (10 \cdot 1,215) = 92,15 \text{ }^\circ\text{C};$$

для 3-го фактора – угла наклона стержней:

$$-\alpha_{z_3} = 45 - (15 \cdot 1,215) = 26,775 \text{ }^\circ;$$

$$+\alpha_{z_3} = 45 + (15 \cdot 1,215) = 63,225 \text{ }^\circ.$$

С целью оценки адекватности модели авторами проведены ряд вычислений, это: проверка однородности дисперсий использованием критерий Кохрена

$$G_p = 0,0772, \text{ а } G_{кр} = 0,335$$

(при числе степеней свободы $f_1=m-1=2, f_2=n=15$ и задавшись уровнем значимости $\alpha=0,05$). Так как $G_p < G_{кр}$, значения отклика во всех точках плана являются равноточными. Полученные коэффициенты

$$Y = 4,5236 - 758z_1 + 0,0752z_2 - 0,0217z_3 + 413333z_1^2 - 0,000451z_2^2 - 0,000273z_3^2 \quad (9)$$

В программе МАТСАТ построены модели и проведены ее расчеты.

Получена зависимость (9) изменения значения отклика (выхода процесса) т.е. степень удаления взвеси из состава прессового масла (Y , в долях от 1) в зависимости от угла наклона стержней (β , \angle , в градусах угла наклона от вертикали), температуры (t , $^{\circ}\text{C}$) и скорости течения прессового масла (v , в м/с) и приведены результаты расчетов на рисунках 2-4.

уравнения регрессии проверены на значимость с помощью критерия Стьюдента. все незначимые коэффициенты исключены из уравнения регрессии. Далее произведена проверка адекватности, полученной математической модели процесса осаждения взвесей в отстойнике используя критерий Фишера [1-3]. Так как получено $F_{расч.} < F_{табл.}$, то полученная модель адекватно, то есть модель соответствует реальному процессу.

Проводя арифметические действия получим математическую модель в натуральных величинах действующих факторов:

Так на рисунке 2 приведено изменение степени очистки прессового масла (Y) от угла наклона стержней (β) и скорости течения прессового масла (v) при постоянном значении температуры масла $t=90^{\circ}\text{C}$. Из рисунка видно, что при угле наклона стержней $\beta = 60^{\circ}$ и скорости течения прессового масла $v = 4 \cdot 10^{-4}$ м/с степень очистки прессового масла от твердых частиц (Y) приобретает максимальное значение.

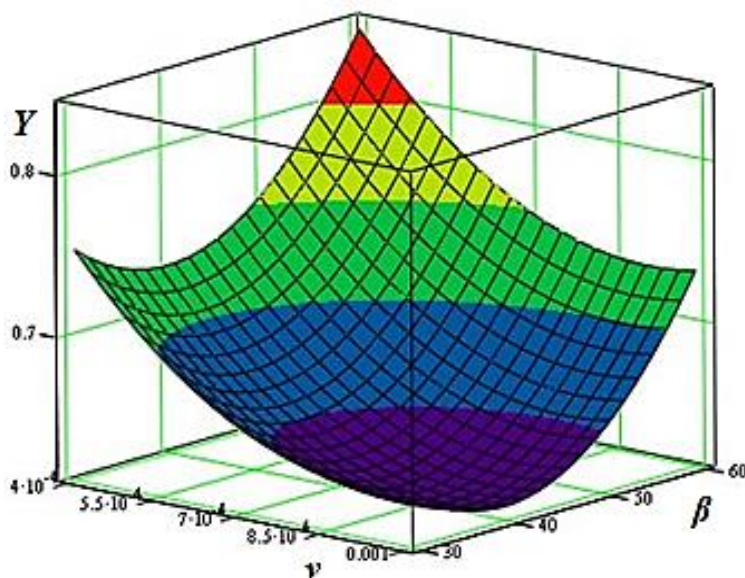


Рисунок 2. Изменение степени удаления взвеси из состава прессового масла (Y) в зависимости от угла наклона стержней (β) и скорости течения масла (v)

Изменение степени удаления взвеси из состава прессового масла (Y) в зависимости от температуры масла (t) и скорости течения масла (v) приведена на рисунке 3. Эта зависимость показывает, что при постоянном значении угла наклона стержней $\beta = 60^{\circ}$,

и значении температуры масла $t=90^{\circ}\text{C}$ и скорости течения масла $v = 4 \cdot 10^{-4}$ м/с степень очистки прессового масла от твердых частиц приобретает максимальное значение.

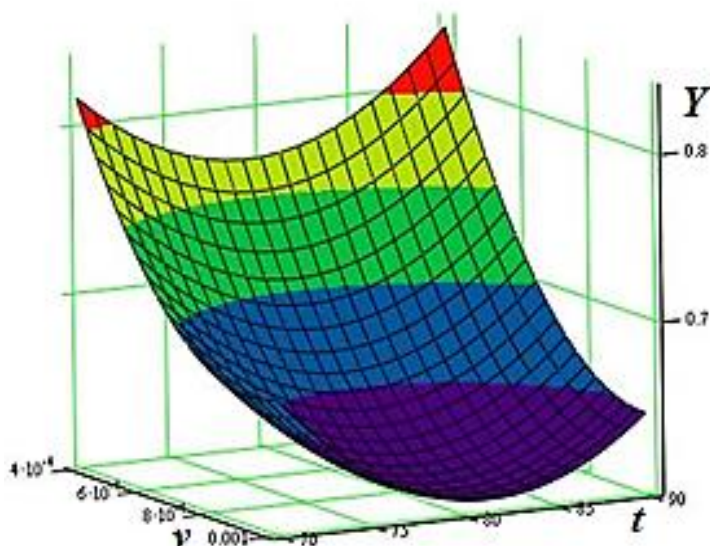


Рисунок 3. Изменение степени удаления взвеси из состава прессового масла (Y) в зависимости от температуры (t) и скорости течения масла (v)

Применение стержней, установленных под углом ко дну по ходу течения масла способствует интенсификации коагулирования частиц, так и направления частиц в низ, ко дну установки. Степень очистки прессового масла от твердых частиц (Y) показана на рисунок 4. График построен в виде зависимости выходного параметра от значения угла

наклона стержней (β) и температуры среды (t), скорость течения масла постоянная $v = 4 \cdot 10^{-4}$ м/с. Анализ графика показывает, что степень очистки масла от твердых частиц приобретает максимальное значение при максимальных значениях β и t.

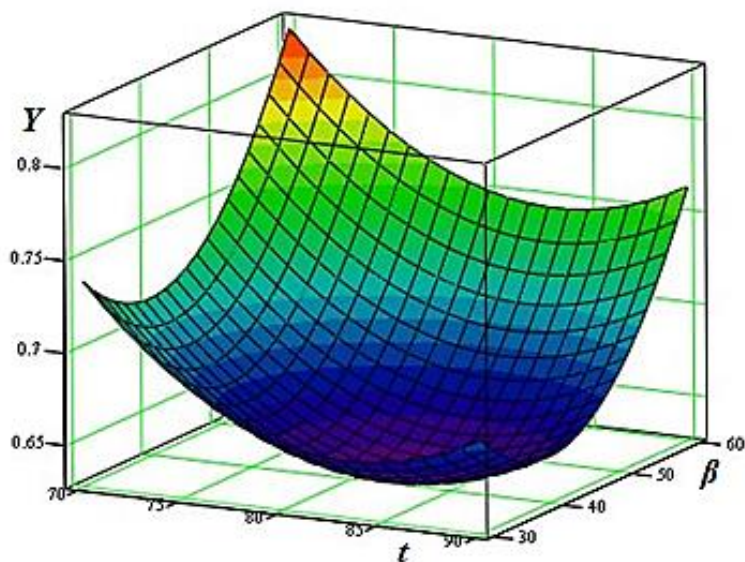


Рисунок 4. Изменение степени удаления взвеси из состава прессового масла (Y) в зависимости от температуры (t) и от угла наклона стержней (β)

Заключение

Полученные результаты исследования показывают, что степень удаления взвеси из состава прессового масла приобретает максимальное значение при максимальных значениях линейной скорости тока прессового масла угле наклона стержней в фузалоушке, температуре прессового масла.

Исследования зависимости степени удаления взвеси из состава прессового масла от изменения угла наклона стержней и температуры и скорости течения прессового масла при различных значениях показали, что использование стержней в качестве

интенсификатора способствуют повышению степени очистки прессового масла и скорости осаждения твердых частиц.

Список литературы:

1. Абдурахмонов О.Р., Юлдашев Х.М. Высокоэффективная фузоловушка для очистки прессового хлопкового масла. *Journal of Advances in Engineering Technology* Vol.4(8), 2022, p. 19-21.
2. Абдурахмонов О.Р., Юлдашев Х.М. Исследование фузоловушка с интенсификатором на основе полного факторного эксперимента. *Развитие науки и технологий*. № 2 2023. – с. 40-47.
3. Ефремова А.Н., Ефремова С.А. Использование метода композиционного планирования эксперимента для описания технологических процессов: метод. указания/ ВолгГТУ. – Волгоград, 2008. – 16 с.
4. Kholikov A.A., Jumayev J., Hikmatov D.N. Optimization of onion drying process parameters using the full factorial experiment method// (2021) *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES)*.doi:10.1088/1755-1315/848/1/012010.
5. Ланкин А.М., Ланкин М.В., Шайхутдинов Д.В. Планирование эксперимента в научных исследованиях. Новочеркасск: Колорит. 2015.- 46 с.
6. Antony J, Kumar A, Banuelas R, et al. *World Class Applications of Six Sigma* Oxford, UK: Elsevier; 2006.
7. Goh TN. The role of statistical design of experiments in Six Sigma: perspectives of a practitioner. *Qual Eng.* 2002;14(4):659–671.
8. Использование метода композиционного планирования эксперимента для описания технологических процессов: метод. указания / сост. А.Н.Гайдадин, С.А.Ефремова; ВолгГТУ. – Волгоград, 2008. – 16 с.
9. Jiju Antony. Full Factorial Designs, in *Design of Experiments for Engineers and Scientists*. Book. Second Edition 2014. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-099417-8.00006-7> Pages 63-85.
10. B.K. Sinha et al., *Optimal Mixture Experiments*, Lecture Notes in Statistics 1028, 203. Springer India 2014 DOI: 10.1007/978-81-322-1786-2.
11. Bailey, R. Factorial treatment structure. In *Design of Comparative Experiments (Cambridge Series in Statistical and Probabilistic Mathematics)*, Cambridge: Cambridge University Press. (2008). pp. 75-104. doi:10.1017/CBO9780511611483.006.
12. Jiju Antony. *Classical Designs: Full Factorial Designs*. Authored by: Cory Natoli Steve Oimoen, PhD 1 June 2019. STAT Center of Excellence 2950 Hobson Way – Wright-Patterson AFB, OH 45433.