

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫРАВНИВАТЕЛЯ МЕТОДОМ ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Камалжон Мухаммадсадиқов

Кандидат технических наук, Ферганский политехнический

институт, Фергана, Узбекистан

E-mail: k.muxammadsodiqov@ferpi.uz

ORCID: 0000-0002-5981-2009

### Аннотация

В статье приведены результаты исследование конструктивных параметров предпосевного выравнивателя методом планирование эксперимента, определены факторы влияющие на качества работы и затраты тягового усилия влияющие на работу выравнивателя и их уровни, выбран план эксперимента, результаты рандомизации, получены уравнения регрессии, адекватно описывающие степень выровненности поверхности поля и тягового сопротивления затрачиваемые на качественную работу выравнивателя.

**Ключевые слова:** математический модель, планирование эксперимента, многофакторный эксперимент, пассивные, активные, черный ящик, фактор, уровень, число опытов, уравнения регрессии, рандомизация.

### Introduction

В настоящее время в науке широко применяется изучение и изыскание оптимальных параметров технологических машин методом планирование эксперимента. Применение аппарата планирования экспериментов позволяет значительно сократить количество проводимых измерений и повысить точность определения параметров модели [1-7]. Подготовительная работа для применения методов планирование эксперимента в научных исследованиях необходимо начинать с литературного обзора. При этом исследователю необходимо найти радиус расположения предполагаемых оптимальных значений исследуемых параметров с помощью литературного обзора, предварительных одно факторных экспериментов, а также самого интуиции исследователя [8-21]. Планирование эксперимента напрямую связано с разработкой и исследованием математической модели объекта исследования. Планирование эксперимента – это процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью. Здесь существенно следующее: стремление к минимизации общего числа опытов; одновременное варьирование всеми переменными, определяющими процесс, по специальным

правилам – алгоритмам; использование математического аппарата, формализующего многие действия экспериментатора; выбор четкой стратегии, позволяющей принимать обоснованные решения после каждой серии экспериментов. Нами было исследовано параметры и режимы работы предпосевного выравнивателя применяемые при перед посевом выравнивание почвы под посев хлопчатника методом планирование эксперимента. Выполнение исследований посредством планирования эксперимента требует выполнения некоторых требований. Основными из них являются условия воспроизводимости результатов эксперимента и управляемость эксперимента. Если повторить некоторые опыты через неравные промежутки времени и сравнить результаты, в нашем случае – значения параметра оптимизации, то разброс их значений характеризует воспроизводимость результатов. Если он не превышает некоторой заданной величины, то объект удовлетворяет требованию воспроизводимости результатов. Здесь мы будем рассматривать только такие объекты, где это условие выполняется [22-29]. После выбора объекта исследования и параметра оптимизации было рассмотрено все факторы, которые могут влиять на процесс. В результате чего были выбраны следующие 4 фактора исследуемого объекта которые существенно влияют на конечный результат [30-37]:

- угол наклона рабочего органа относительно к поверхности почвы, град
- угол установки рабочего органа по направлению движения агрегата, град
- высота рабочего органа, мм
- скорость агрегата, м\сек.

При выборе факторов необходимо учитывать существенность факторов. Увеличение число факторов приводит к увеличению число опытов.

Число возможных опытов определяют по выражению

$$N = p^k$$

где N – число опытов; p – число уровней; k – число факторов. Реальные объекты обычно обладают огромной сложностью. Так, на первый взгляд, простая система с пятью факторами на пяти уровнях имеет 3125 состояний, а для десяти факторов на четырех уровнях их уже свыше миллиона [38-46]. В этих случаях выполнение всех опытов практически невозможно. Возникает вопрос: сколько и каких опытов нужно включить в эксперимент, чтобы решить поставленную задачу? Здесь-то и применяется планирование эксперимента. Преимущества этого метода заключается в том, при одновременном изменении всех переменных  $X_1 \dots X_k$  влияющих на функцию отклика  $F=f(X_1 \dots X_k)$  имеется возможность изучать процесс выравнивания. Итак, выбор факторов является весьма существенным, т.к. от этого зависит успех оптимизации [47-51].

В результате теоретических исследований и литературного обзора установлено, для улучшения качественных показателей работы предпосевного выравнивателя на повышенных скоростях движения и более полного использования тяговой мощности трактора необходимо определить оптимальные значения таких параметров как [52-56]:

- угол наклона  $\alpha$  рабочего органа;
- угол установки  $\beta$  рабочего органа;
- высота  $h_p$  рабочего органа;
- рабочая скорость  $V$

Результаты эксперимента с ограниченным числом опытных точек позволил получить выборочную оценку для для функции  $F$  аналитически выражаемую в виде полинома:

$$\bar{Y} = B_0 + \sum_{i=1}^k B_i X_i + \sum X_i X_j + B_i X_i^2 + \dots$$

где  $B_0$  -свободный член;

$B_i$  – коэффициент регрессии;

$X_i, X_j$ -независимые факторы

На основе вышеприведённых и по имеющиеся априорных информации были выбраны уровни факторов и шаги их варьирования (таблице 1.)

Таблица 1. Уровень факторов и шаги их варьирования.

№	Факторы	Обозна- чение	Интер- вал варирова ния	Уровень		
				Основ- ной	Верх- ний	Ниж- ний
1	Угол наклона рабочего органа относительно к поверхности почвы, град	$\alpha$	30	90	60	120
2	Угол установки рабочего органа по направлению движения агрегата, град	$\beta$	5	55	50	60
3	Высота рабочего органа, мм	$h$	20	174	194	154
4	Скорость агрегата, м\сек.	$V$	0,83	2,50	3,3	1,66

Все выбранные факторы являются управляемым и легко можно регулировать в пределах указанных уровнях с помощью специальными механизмами. В планирование эксперимента необходимо активное вмешательство экспериментатора в процесс и возможность выбора в каждом опыте тех уровней факторов, которые представляют интерес. Поэтому такой эксперимент называют активным. Объект, на котором возможен активный эксперимент, называется управляемым. Уровень варьирования угла наклона выбран в зависимости от качества выравнивания и потребной мощности, а угол установки рабочего органа в зависимости о угла трения почвы о сталь. Параметр оптимизации – это признак, по которому оптимизируется процесс. Он должен быть

количественным, задаваться числом. Множество значений, которые может принимать параметр оптимизации, называется областью его определения. Области определения могут быть непрерывными и дискретными, ограниченными и неограниченными. Параметр оптимизации является реакцией (откликом) на воздействие факторов, которые определяют поведение выбранной системы.

При проведении полевых экспериментальных исследований был выбран план полно факторного эксперимента В4 с варьированием переменных на трёх уровнях и содержащий 24 опыта. Для упрощения записи условий эксперимента и обработки наблюдаемых значений осуществлён переход с помощью нормирующего преобразования от размерных величин фпакторов к безразмерному.

$$X_i = \frac{X_{ii}X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}; i=1 \dots 4,$$

где  $X_{ii}$ -значение фактора;

Матрица эксперимента реализована через таблицу случайных чисел. Номера от 1 до 24 выбираются из таблицы в порядке таблицы. После рандомизации порядок экспериментов был следующим.

13, 4, 3, 23, 15, 18, 8, 16, 24, 19, 9, 5, 7, 21, 22, 1, 17, 10, 2, 12, 20, 14, 11, 6.

Как видно из ряда полученных чисел, тринадцатый эксперимент в матрице должен быть проведен первым.

В результате обработки опытных данных получены уравнения регрессии, адекватно описывающие степень выровненности поверхности поля:

$$Y = 54,35 - 5,11X_1 + 1,73X_2 - 1,16X_3 + 5,7X_4 + 0,63X_1X_2 + X_1X_3 - 0,53X_1X_4 - 1,58X_1^2 - 3,08X_2^2 - 2,98X_4^2 \quad (1)$$

А также тягового сопротивления:

$$Y = 10,81 + 2,96X_1 + 1,35X_3 - 0,45X_4 + 1,19X_1X_2 + 0,92X_1X_3 - 1,21X_2X_3 - 1,38X_2X_4 + 1,64X_1^2 - 1,95X_2^2 \quad (2)$$

Для оценки значимости коэффициентов в полученных уравнениях. проверялась однородность дисперсии и вычислялась воспроизводимость дисперсии. Проверка однородности проводилась по критерию Кохрена.

$$G = \frac{S_{\max}^2}{\sum_{i=1}^n S^2 q}$$

где  $S_{\max}^2$  - значение максимальной дисперсии в выходного параметра;

$\sum_{i=1}^n S^2 q$  сумма дисперсии всех опытов

Расчётное значение для первого критерия однородности дисперсии по критерию Кохрена  $G = 0,12$  оказалось меньше табличного ( $G = 1,8$ ), и для второго критерия соответственно  $G = 0,108$  и  $G = 2,59$ . Производилось проверка на статическую значимость полученных оценок с помощью критерии Стюдента с доверительной вероятностью 95 %. Проверку пригодности уравнения регрессии для описания

оптимизации производились с помощью F критерия Фишера. Для этого бкюло определено путём вкчисления значения критерия для выровненности поверхности поля  $F = 0,83$  для тягового сопротивления  $F = 0,70$ . Табличные значения соответственно 1,92 и 1,89.

При поиске условного экстремума одной функции при ограничениях, накладываемых другой, используются различные методы. Достаточно часто пользуются графическим способом поиска компромисса. Метод этот основан на том, что рассматривает совмещение двухмерный сечений поверхностей отклика и визуально выбирают подходящие условные экстремумы.

Нами была поставлена задача определить параметры предпосевного выравнивателя, обеспечивающего наилучшую выровненности поверхности поля при минимальных тяговых усилиях. С учетом изложенного уравнения (1) исследованы на максимум и уравнение (2) на минимум. Результаты оптимизации приведены в таблице 4 [17-20].

Таблица 4. Результаты оптимизации математических моделей.

Кодированные значения факторов				Натуральные значения факторов			
X1	X2	X3	X4	X1	X2	X3	X4
-1	0,887	-1	0,547	1200	510	154мм	2,94м\с

Адекватность и достаточная точность полученных зависимостей (1,2) позволяет провести анализ влиянию на функции от клика каждого из исследуемых факторов, включая квадратичные эффекты и эффекты взаимодействия, значимость которых, определяются величиной соответствующих коэффициентов в уравнениях регрессии.

### Исползованные литературы

1. Мухамадсадигов, К. Д., & Давронбеков, А. А. (2021). Исследование влияния гидродинамических режимов сферической нижней трубы на процесс теплообмена. *Universum: технические науки*, (7-1 (88)), 38-41.
2. Исомиддинов, А. С., & Давронбеков, А. А. (2021). Исследование гидродинамических режимов сферической углубленной трубы. *Universum: технические науки*, (7-1 (88)), 53-58.
3. Ergashev, N. A., Davronbekov, A. A., Khalilov, I. L. C., & Sulaymonov, A. M. (2021). Hydraulic resistance of dust collector with direct-vortex contact elements. *Scientific progress*, 2(8), 88-99.
4. Davronbekov, A., Qoxorov, I., Xomidov, X., & Maxmudov, A. (2021). Systematic analysis of process intensification in heat exchange products. *Scientific progress*, 2(1), 694-698.

5. Davronbekov, A. A. (2022). Sferik botiqli quvirda tajribaviy tadqiqotlar otkazish usullari va natijalari. *Yosh Tadqiqotchi Jurnal*, 1(5), 211-220.
6. Ахунбаев, А. А., & Давронбеков, А. А. (2022). Минерал ўғитларни қуритиш объекти сифатида таҳлили. *Yosh Tadqiqotchi Jurnal*, 1(5), 221-228.
7. Davronbekov, A. A., & Isomidinov, A. S. (2022, November). Analysis of requirements for modern heat exchangers and methods of process intensification. In *International conferences (Vol. 1, No. 7, pp. 174-183)*.
8. Davronbekov, A. A., & Isomidinov, A. S. (2022, November). Systematic analysis of the working parameters of a floating head shell-tube heat exchanger. In *International conferences (Vol. 1, No. 7, pp. 3-15)*.
9. Abdurasul, D. (2022). Investigation of heat transfer rate in smooth turbulizer pipes. *Universum: технические науки*, (6-6 (99)), 59-62.
10. Хусанбоев, А. М., Ботиров, А. А. У., & Абдуллаева, Д. Т. (2019). Развертка призматического колена. *Проблемы современной науки и образования*, (11-2 (144)), 21-23.
11. Хусанбоев, А. М., Тошқузиёва, З. Э., & Нурматова, С. С. (2020). Приём деления острого угла на три равные части. *Проблемы современной науки и образования*, (1 (146)), 16-18.
12. Хусанбоев, А. М., Абдуллаева, Д. Т., & Рустамова, М. М. (2021). Деление Произвольного Тупого Угла На Три И На Шесть Равных Частей. *Central asian journal of theoretical & applied sciences*, 2(12), 52-55.
13. Ахунбаев, А. А., & Хусанбоев, М. А. (2022). Барабаннинг кўндаланг кесимида минерал ўғитларнинг таксимланишини тадқиқ қилиш. *Yosh Tadqiqotchi Jurnal*, 1(5), 357-367.
14. Хусанбоев, М. (2022). Термическая обработка шихты стекольного производства. *Yosh Tadqiqotchi Jurnal*, 1(5), 351-356.
15. Ахунбаев, А. А., & Хусанбоев, М. А. У. (2022). Влияние вращения сушильного барабана на распределение материала. *Universum: технические науки*, (4-2 (97)), 16-24.
16. Rasuljon, T., Akmaljon, A., & Ilkhomjon, M. (2021). Selection of filter material and analysis of calculation equations of mass exchange process in rotary filter apparatus. *Universum: технические науки*, (5-6 (86)), 22-25.
17. Isomiddinov, A., Axrorov, A., Karimov, I., & Tojiyev, R. (2019). Application of rotor-filter dusty gas cleaner in industry and identifying its efficiency. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, (9-10), 24-31.
18. Тожиев, Р. Ж., Исомиддинов, А. С., Ахроров, А. А. У., & Сулаймонов, А. М. (2021). Выбор оптимального абсорбента для очистки водородно-фтористого газа в роторно-

- фильтровальном аппарате и исследование эффективности аппарата. *Universum: технические науки*, (3-4 (84)), 44-51.
19. Дусматов, А. Д., Хурсанов, Б. Ж., Ахроров, А. А., & Сулаймонов, А. (2019). Исследование напряженно деформированное состояние двухслойных пластин и оболочек с учетом поперечных сдвигов. In *Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях* (pp. 48-51).
20. Ахроров, А. А. У., Исомиддинов, А. С., & Тожиев, Р. Ж. (2020). Гидродинамика поверхностно-контактного элемента ротор-фильтрующего пылеуловителя. *Universum: технические науки*, (8-3 (77)), 10-16.
21. Мирзахонов, Ю. У., Хурсанов, Б. Ж., Ахроров, А. А., & Сулаймонов, А. (2019). Применение параметров натяжного ролика при теоретическом изучении динамики транспортирующих лент. In *Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях* (pp. 134-138).
22. Rasuljon, T., Azizbek, I., & Akmaljon, A. (2021). Analysis of the dispersed composition of the phosphorite dust and the properties of emission fluoride gases in the production of superphosphate mineral fertilizers. *Universum: химия и биология*, (6-2 (84)), 68-73.
23. Akhrorov, A. K. M. A. L. J. O. N. (2021). Study of mass taransfer process in rotary-filter gas cleanaer. *Austrian journal of technical and natural science*, (11-12), 3-19.
24. Тожиев, Р. Ж., Исомиддинов, А. С., & Ахроров, А. А. У. (2021). Исследование пленочного слоя на рабочей поверхности роторно-фильтрующего аппарата. *Universum: технические науки*, (7-1 (88)), 42-48.
25. Toimatovich, K. I., & Ikromovich, K. I. (2019). The method of determining the size of the mixing zone bubbling extractor. *International scientific review*, (LV), 11-15.
26. Тожиев, Р. Ж., Ахроров, А. А., & Герасимов, М. Д. (2019). Исследование методом фотоупругости ковевйерных лент при различных условиях нагружения. In *Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях* (pp. 266-273).
27. Ахроров, А. А. У. (2022). Исследование массообменного процесса при мокрой очистке газов в роторно-фильтрующим аппарате. *Universum: технические науки*, (4-8 (97)), 23-29.
28. Мухамадсадииков, К. Д., & Давронбеков, А. А. (2021). Исследование влияния гидродинамических режимов сферической нижней трубы на процесс теплообмена. *Universum: технические науки*, (7-1 (88)), 38-41.
29. Mukhamadsadikov, K. J., & ugli Ortikaliev, B. S. (2021). Working width and speed of the harrow depending on soil resistivity. *Web of Scientist: International Scientific Research Journal*, 2(04), 152-158.

30. Abdulkhovich, A. N., & Muhammadsodikov, K. D. (2021). Improving the design of internal plates in columnar apparatus. *The American Journal of Engineering and Technology*, 3(05), 1-8.
31. Мухамадсадиқов, К., Ортиқалиев, Б., Юсуов, А., & Абдупаттоев, Х. (2021). Ширина захвата и скорости движения выравнивателя в зависимости удельного сопротивления почвы. *Збірник наукових праць SCIENTIA*.
32. Mukhamadsadikov, K. J. (2022). Determination of installation angle and height working body of the preseeded leveler. *American Journal Of Applied Science And Technology*, 2(05), 29-34.
33. Axunboev, A., & Muxamadsodikov, K. (2021). Drying fine materials in the contact device. *Barqarorlik va yetakchi tadqiqotlar onlayn ilmiy jurnali*, 1(5), 133-138.
34. Axunboev, A., Muxamadsodikov, K., & Qoraboev, E. (2021). Drying sludge in the drum. *Barqarorlik va yetakchi tadqiqotlar onlayn ilmiy jurnali*, 1(5), 149-153.
35. Axunboev, A., Muxamadsodikov, K., Djuraev, S., & Musaev, A. (2021). Analysis of the heat exchange device complex in rotary ovens. *Barqarorlik va yetakchi tadqiqotlar onlayn ilmiy jurnali*, 1(5), 127-132.
36. Mukhamadsadikov, K. J., & ugli Ortikaliev, B. S. (2021). Working width and speed of the harrow depending on soil resistivity. *Web of Scientist: International Scientific Research Journal*, 2(04), 152-158.
37. Mukhamadsadikov, K., & Ortiqaliyev, B. (2022). Constructive Parameters of Earthquake Unit Before Sowing. *Eurasian Journal of Engineering and Technology*, 9, 55-61.
38. Khabibullaevich, M. R. (2021). Drying Building Materials in a Drum Dryer. *Journal of Marketing and Emerging Economics*, 1(6), 93-97.
39. Mirsharipov, R. (2021). Analysis of drying building materials in a drum dryer. *Scientific progress*, 2(8), 145-152.
40. Tojiev, R. J., Axunboev, A. A., Mirsharipov, R. X., & Abdulkadirov, N. (2019). Drying glass feed stock in drum drier for manufacturing glass products. *Scientific-technical journal*, 2(3), 137-140.
41. Тожиев, Р. Ж., Ахунбаев, А. А., & Миршарипов, Р. Х. (2018). Сушка тонкодисперсных материалов в безуносной роторно-барабанном аппарате. *Научно-технический журнал ФерПИИ,-Фергана*,(2), 116-119.
42. Mirsharipov, R. N., & Akhunbaev, A. A. (2020). Research of Hydrodynamic Parameters of Drum Dryer. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 7(11).
43. Тожиев, Р. Ж., Ахунбаев, А. А., Миршарипов, Р. Х., Муллажонова, М. М. К., & Йигиталиев, М. М. У. (2021). Анализ процесса сушки минеральных удобрений в барабанном аппарате. *Universum: технические науки*, (8-1 (89)), 31-36.



44. Тожиев, Р. Ж., Миршарипов, Р. Х., Ахунбаев, А. А., & Абдусаломова, Н. А. К. (2020). Оптимизация конструкции сушильного барабана на основе системного анализа процесса. *Universum: технические науки*, (11-1 (80)), 59-65.
45. Тожиев, Р. Д., Ахунбаев, А. А., & Миршарипов, Р. Х. (2021). Исследование гидродинамических процессов при сушке минеральных удобрений в барабанных сушилках. *Научнотехнический журнал*, 4(4).
46. Tojiyev, R. J., Akhunbaev, A. A., & Mirsharipov, R. X. (2021). Research of hydrodynamic processes when drying mineral fertilizers in drum dryers. *Scientific-technical journal*, 4(4), 10-16.
47. Tojiyev, R. J. (2020). Axunbaev AA Mirsharipov RX Optimization konstruksii sushilnogo barabana na osnove sistemnogo analiza protsessa. *Universum: tehlicheskie nauki*, (11-1), 80.
48. Tojiyev, R., Mirsharipov, R., Axunbaev, A., & Abdusalomova, N. (2020). Optimized dryer design based on system process analysis. *Universum: технические науки: научный журнал*, (2), 11.
49. Ахунбоев, А. А., & Хабибуллаевич, М. Р. Барабанли аппаратда дисперс материални куритиш жараёни статикаси. 2020. Фарғона политехника институти Илмий-техника журнали, 5(1), 268-272.
50. Ахунбаев, А. А., Ражабова, Н. Р., & Вохидова, Н. Х. (2020). Исследование гидродинамики роторной сушилки с быстровращающимся ротором. *Экономика и социум*, (12-1), 392-396.
51. Тожиев, Р. Ж., Садуллаев, Х. М., Миршарипов, Р. Х., & Ражабова, Н. Р. Суюқланма материалнинг кристалланиши ва куритиш жараёнларининг ўзига хослиги. *ФарПИ ИТЖ (STJ FerPI)*, –2019, –24 №, 1, 46-58.
52. Тожиев, Р. Ж., Садуллаев, Х. М., & Хабибуллаевич, М. Р. (2018). Аэрофонтан усулида фосфор кукунини пуркаш орқали ўғит доналлар сиртини қоплаш ва куритиш технологияси. 2018. Фарғона политехника институти Илмий-техника журнали, 4(4), 239-243.
53. Тожиев, Р. Ж., Миршарипов, Р. Х., & Ражабова, Н. Р. (2022). Гидродинамические Режимы В Процессе Сушки Минеральных Удобрений. *Central asian journal of theoretical & applied sciences*, 3(5), 352-357.
54. Ахунбаев, А. А., & Ражабова, Н. Р. (2021). Высушивание дисперсных материалов в аппарате с быстро вращающимся ротором. *Universum: технические науки*, (7-1 (88)), 49-52.