

УДК 631.332: 633.71

4.3.1. – Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ РАСХОДА ПОЛИВНОЙ ВОДЫ ДЛЯ РАССАДОПОСАДОЧНОЙ МАШИНЫ SKN-6aЛопатин Владислав Сергеевич
АспирантVladislav.R.W@yandex.ru*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий», Краснодар, Россия*Огняник Александр Васильевич
кандидат технических наук, Заведующий лабораторией машинных агропромышленных технологийMeh_vniitti@mail.ru*ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий», Краснодар, Россия*

При высадке рассады в поле по любой технологии, необходимо обеспечивать определенный уровень подачи поливной воды, так как высадка в открытый грунт должна производиться с внесением достаточного её количества. Для этого используется специальное устройство для посадочного агрегата, которое отвечает требованиям к внесению поливной воды. Так, на трактор МТЗ-82 с навесной рассадопосадочной машиной SKN-6a устанавливается система подачи воды, состоящая из двух емкостей по 300 л, соединенных между собой, трубопроводов, общего вентиля, открывающего/закрывающего подачу воды на все секции и вентиля для регулировки подачи на каждую секцию. Для обеспечения необходимого количества поливной воды во время высадки рассады учитывается норма её внесения для разных культур. Так, на примере табака, вносится 0,4-0,5 л воды на одно растение. Поскольку подача воды при высадке рассады зависит от её уровня в ёмкостях, то для оптимизации данного процесса, необходимо изучить динамику изменения расхода воды в зависимости от её уровня в емкостях. Так как по мере его снижения, напор воды уменьшается, что приводит к неравномерности её внесения, и соответственно к возможному ухудшению приживаемости рассады. Цель работы - получение экспериментальных данных динамики изменения расхода воды при поливе для улучшения равномерности её подачи. В соответствии с поставленной целью, была подготовлена опытная установка и разработана методика проведения экспериментов. При их проведении получены экспериментальные данные, произведены измерения расхода воды в зависимости от её уровня в емкостях

UDC: 631.332: 633.71

4.3.1. – Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex

DYNAMICS OF CHANGES IN IRRIGATION WATER CONSUMPTION FOR THE SKN-6a SEEDLING MACHINELopatin Vladislav Sergeevich
Postgraduate studentVladislav.R.W@yandex.ru*All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, Shag and Tobacco Products, Krasnodar, Russia*Ognyanik Alexander Vasilyevich
Candidate of Technical Sciences
Head of the Laboratory of Machine Agro-Industrial TechnologiesMeh_vniitti@mail.ru*All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, Shag and Tobacco Products, Krasnodar, Russia*

When transplanting seedlings into the field, using any technology, it is necessary to ensure a certain level of irrigation water supply, as transplanting into the open ground should be carried out with a sufficient amount of it. For this purpose, a special device is used for the transplanting unit, which meets the requirements for the application of irrigation water. For example, the MTZ-82 tractor with a mounted SKN-6a seedling transplanting machine is equipped with a water supply system consisting of two 300 l barrels connected to each other, a pipeline, central valve which is opened/closed for starting/ending water supply and valves for adjusting the supply for each section. To ensure the required amount of irrigation water during the transplanting of seedlings it is necessary to take into account the rate of its application for different crops. So, for tobacco, it is necessary to apply 0.4-0.5 l of water per one plant. As the water supply during seedling transplanting depends on its level in barrels, in order to optimize this process, it is necessary to study the dynamics of changes in water consumption depending on its level in barrels. As the level decreases, the water pressure also decreases, which leads to irregular watering, and consequently to a possible decrease in the survival rate of seedlings. According to the described features of the water supply system, the aim of the work was to obtain experimental data on the dynamics of changes in water consumption during the transplanting process, in order to improve its uniformity. In accordance with that aim, the experimental unit was equipped and a methodology for conducting experiments was developed. After their implementation, experimental data were obtained; water flow was measured depending on its

для каждой секции и построены графики этих зависимостей. Исходя из полученных результатов исследований, рекомендуется модернизировать систему внесения поливной воды, с целью достижения равномерности её подачи, а также изменения нормы внесения в случае использования данной рассадопосадочной машины для разных культур

Ключевые слова: РАССАДОПОСАДОЧНАЯ МАШИНА, НОРМА РАСХОДА ВОДЫ, ВЫСАДКА РАССАДЫ, СИСТЕМА ПОДАЧИ ВОДЫ

level in barrels, and graphs of these correlations were plotted. Based on the research results obtained, it is recommended to renovate the water supply system in order to achieve uniformity of its supply, as well as to regulate the rate of application of irrigation water in the case of using this seedling machine for different crops

Keywords: SEEDLING MACHINE, WATER CONSUMPTION RATE, SEEDLING TRANSPLANTING, WATER SUPPLY SYSTEM

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-211-066>

Введение

Анализ научно-технической отечественной и зарубежной литературы показал, что системных научных исследований по представленной теме проводилось крайне мало. Вопросы использования специального устройства и рассадопосадочной машины СКН-6а и изменение расхода поливной воды нуждаются в дальнейшем изучении и доработке.

При высадке рассады в поле одним из необходимых условий является подача определенного количества воды в сошник, так как по агротехническим требованиям рассада высаживается при определенном значении нормы внесения воды (л/раст).

Исходя из этого требования необходимо соблюсти подачу воды, (л/с). В условиях ручной работы и примитивной системе полива, следует обеспечить внесение необходимого количества воды, так как это напрямую влияет на приживаемость и развитие культуры. Количество внесенной воды при автоматизированной высадке рассады зависит от скорости движения агрегата, давления в емкости и технических особенностей системы подачи. При работе операторов рассадопосадочной машины, отклонение от оптимальной скорости агрегата в 3 км/ч нецелесообразно, так как её повышение напрямую влияет на качество подачи рассады и её высадку, а более низкая скорость ведет к снижению

<http://ej.kubagro.ru/2025/07/pdf/66.pdf>

производительности и, соответственно, экономическим затратам [1,5,11]. Однако в условиях автоматизации ручного труда, значительно увеличивается скорость движения и, соответственно, необходимо рассчитать и установить равномерное внесение поливной воды.

Цель исследования заключается в определении динамики изменения расхода воды с течением времени для обеспечения равномерной подачи поливной воды при высадке рассады.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в лаборатории машинных агропромышленных технологий ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий» в 2024-2025 гг.

Объект исследования - опытная установка, включающая трактор МТЗ-82, рассадопосадочную машину СКН-6а, приспособление для подачи воды на каждую секцию [2,6,10] (рисунок 1). Также был составлен план экспериментов, для которых необходимо было подготовить оборудование: пронумерованные в соответствии с секциями емкости, механические весы, инструменты для регулировки напора.

В данном исследовании применена методика планирования однофакторного эксперимента, основанная на центральном композиционном плане. Определение рациональных режимов работы сводилось к установлению оптимальных значений с рассматриваемыми независимыми факторами в виде ручной регулировки напора

Расчет расхода воды проводился по формуле:

$$Q = \frac{V}{t}$$

где: Q – расход воды, л/с;

V – объем воды, л;

t – время, с.

Исследования по определению динамики изменения расхода воды с течением времени проводили на экспериментальной установке в полевых условиях.

Обработка экспериментальных данных проведена в программе Excel, с построением графиков и расчетом однофакторного дисперсионного анализа.



Рисунок 1 - Рассадопосадочный агрегат (MTZ-82 + СКН-6а) с установленной системой подачи поливной воды

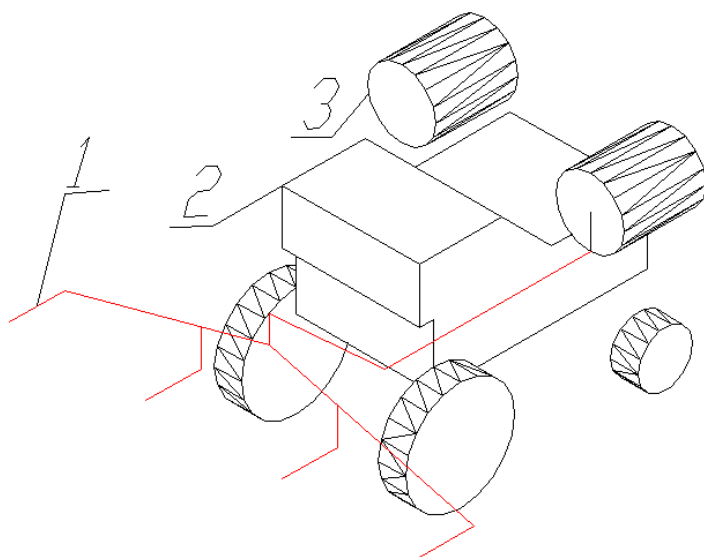


Рисунок 2 - Схема установки для проведения экспериментов

Примечание. 1 – система трубопровода от бочек к секциям; 2 – трактор MTZ-82; 3 – емкости с поливной водой, установленные на трактор

Для достижения необходимых результатов поставленной цели, в первую очередь, рекомендуется правильно настроить подачу воды. Путем регулирования вентилей на каждой посадочной секции выставляется одинаковая подача воды. [3]

Работа экспериментальной установки осуществляется при полностью заполненных емкостях и завершается при полном расходе воды. Установлен промежуток времени в 25 секунд, необходимый для проведения эксперимента, так как выбранная емкость заполнялась на 60-80% за этот промежуток времени. Настройка равномерности подачи на каждую секцию проводилась с помощью емкости объемом 5л, путем установки нужного уровня поступающей воды. Поскольку значение плотности водопроводной воды не превышает 1000 кг/м^3 , приравниваем значение массы воды к значению её объема [12,13].

Результаты и их обсуждение

Добившись равномерной подачи воды, приступали к проведению экспериментов. Методика определения зависимости расхода воды от её уровня в ёмкостях представляет собой 24 цикла, каждый из которых включает четыре этапа:

1. Измерение уровня воды в емкостях перед началом отбора воды.
2. Отбор воды в течение 25 секунд с каждой секции одновременно.
3. Взвешивание полученного объема воды в емкостях, соответствующих каждой секции.
4. Холостой слив воды в течение одной минуты без учета ее расхода, проводимый с целью оптимизации продолжительности и количества экспериментов.

Полное исследование, с израсходованием всего подготовленного количества воды, проводили в трех повторностях, каждая из которых

включала 24 цикла опытов. Результаты исследований представлены на рисунках 3 – 8.

На рисунке 3 представлена динамика изменения расхода воды на каждую секцию для первой повторности.

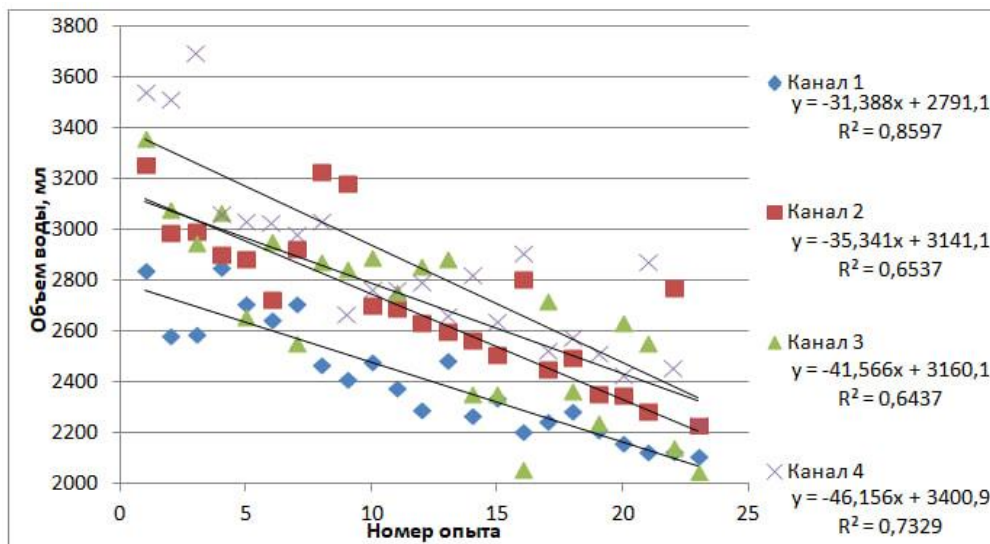


Рисунок 3 - Динамика изменения массы воды в емкости при её уменьшении в емкостях в первой повторности

Из рисунка 3 видно, что в процессе истечения поливной воды в емкостях падает выходное значение её массы. Секция 1 и 4 находятся на максимальном удалении от точки входа воды, вследствие чего, значение массы отличается от оставшихся секций. В свою очередь, на секциях 2-3 значения изменения массы воды идентичны, что говорит о недостаточно равномерной регулировке вентилей на секциях. При любых исследованиях регулировку подачи воды на секции следует проводить более точно, с измерением подачи на каждой секции. [4,7]

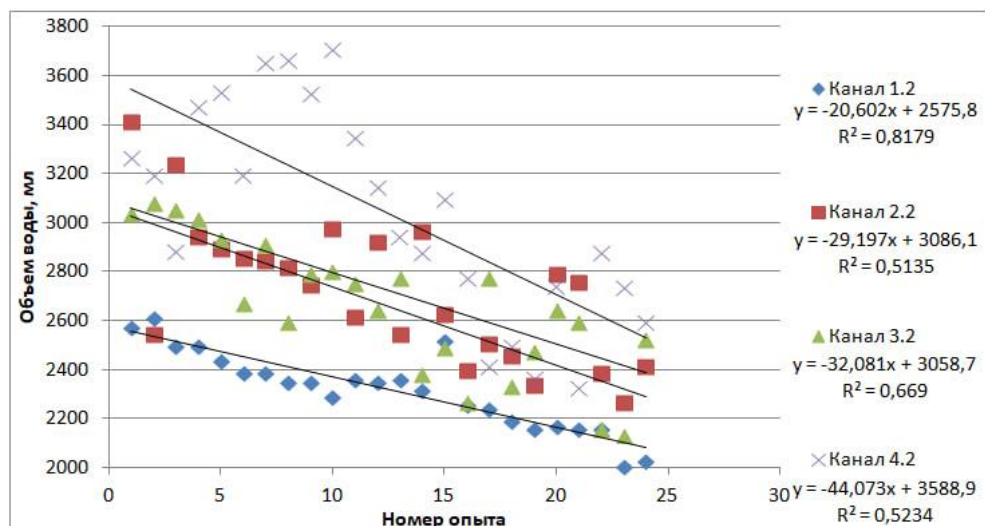


Рисунок 4. Динамика изменения подачи воды с истечением времени полива во второй повторности

На рисунке 4 представлена динамика изменения массы воды в емкости при её уменьшении во второй повторности. Видно, что динамика подачи воды во второй повторности идентична первой. Однако, достоверность аппроксимации ниже, что свидетельствует об изменении условий между повторностями. На этот параметр повлияла регулировка подачи воды на секциях. Четвертая секция имеет больший разброс, чем ранее, что говорит о необходимости правильной регулировки, позволяющей более точно установить значение напора.

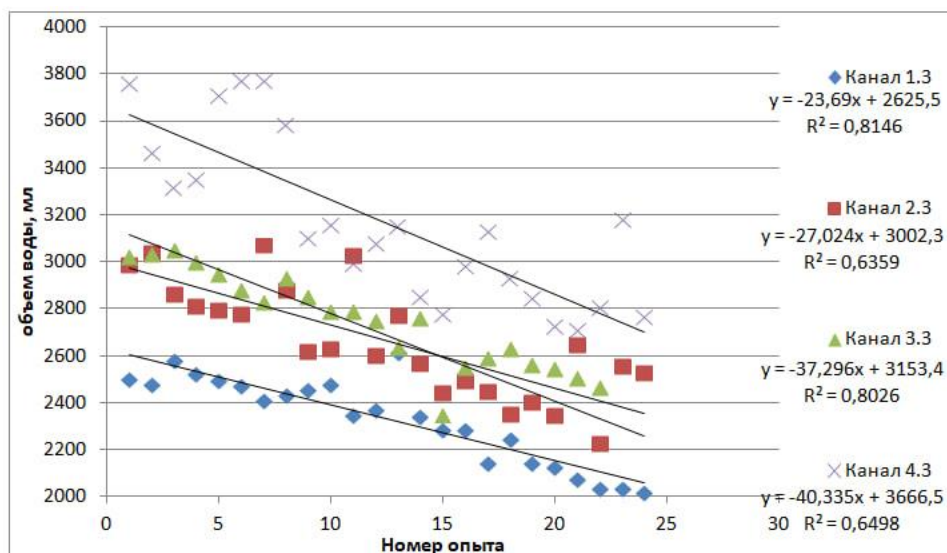


Рисунок 5. График изменения подачи воды с истечением времени полива в третьей повторности

На графике 5 значения третьей и первой повторностей схожи, однако разброс значений на четвертой секции более стабилен, т.к. была произведена регулировка канала. Между каждым опытом интервал времени полива составлял минуту, то есть по завершении каждого опыта в течение одной минуты проводился слив воды. Так же проводилась настройка подачи воды с помощью вентилях на каждой секции.

На графиках (рис 3-5) видно как снижается напор, что может говорить о прямом влиянии давления в бочке на расход воды. Эти графики так же показывают - как сильно различаются значения подачи воды (затраченного объема) на разных секциях: 2600 -3800 мл. для четвертого канала, 2000 - 2600 мл. для первого канала, что говорит о разной регулировке каналов. Далее, было необходимо произвести расчет расхода воды и столба жидкости в емкостях, а так же определить зависимость суммарного объема потраченной воды от её уровня в ёмкостях.

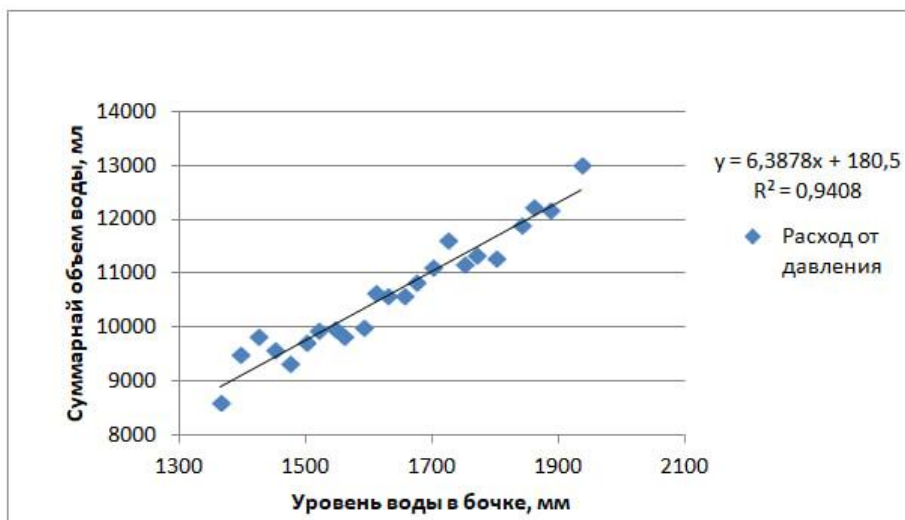


Рисунок 6. График зависимости расхода воды от её уровня в емкости для первой повторности

По графику расхода воды от её уровня в емкости для первой повторности, видно, что объем подаваемой воды выше при более высоком уровне воды, соответственно расход воды падает при снижении уровня в бочке (рис. 6).

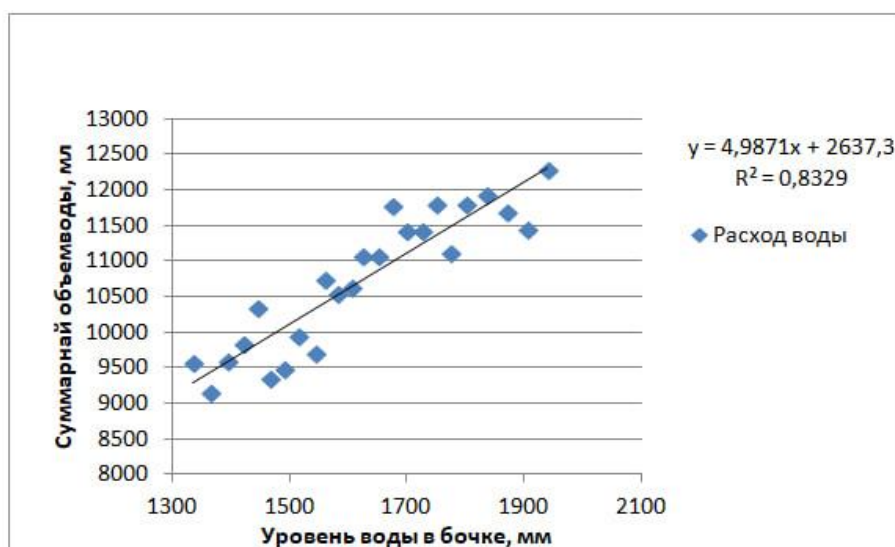


Рисунок 7. График зависимости расхода воды от её уровня в емкости для второй повторности

Во второй повторности интенсивность снижения расхода воды уменьшилась. Это объясняется тем, что регулировка между повторностями повлияла на результат в лучшую сторону (рис. 7).

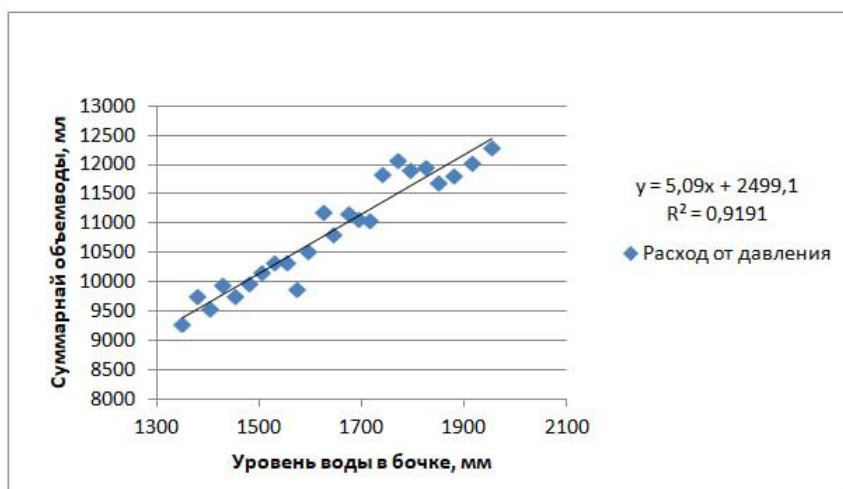


Рисунок 8. График зависимости расхода воды от её уровня в емкости для третьей повторности

В третьей повторности результат регулировки выше, разброс значений меньше, а изменение расхода имеет меньшую интенсивность.

На рисунках 6 – 8 показана зависимость расхода воды от её уровня в емкостях. На графиках видно, что расход воды снижается при понижении уровня воды в емкости. Это говорит о необходимости компенсации изменения давления путем механизации подачи воды с помощью дополнительного оборудования [14,15].

После каждой повторности проводилась регулировка каналов для компенсации разброса данных и ручной настройки подачи поливной воды. Поэтому для систематизации фактора смены условий эксперимента между повторностями был рассчитан однофакторный дисперсионный анализ с определением значения вероятности случайного расхождения (Р-значение), для подтверждения влияния описанного фактора на изменение

расхода воды. Результаты однофакторного дисперсионного анализа представлены на рисунках 9-11.

Однофакторный дисперсионный анализ между 1 и 2 повторностями						
ИТОГИ						
Группы	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия		
Столбец 1	92	244715	2659,95	121070,5355		
Столбец 2	96	257644	2683,79	155907,5982		
Дисперсионный анализ						
Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F критическое
Между группами	26713,6246	1	26713,6	0,19237	0,661458	3,89194
Внутри групп	25828640,6	186	138864			
Итого	25855354,2	187				

Рисунок 9. Однофакторный дисперсионный анализ между первой и второй повторностями

На рисунке 9 видно, что ручная регулировка расхода воды между представленными повторностями 1 и 2, повлияла на изменение данных на 66,1458%, о чем свидетельствует «Р – значение».

Однофакторный дисперсионный анализ между 2 и 3 повторностями						
ИТОГИ						
Группы	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия		
Значения повторности 2	96	257644	2683,79	155907,5982		
Значения повторности 3	96	260243	2710,86	162462,4552		
Дисперсионный анализ						
Источник вариации	SS	df	MS	F	Р-Значение	F критическое
Между группами	35181,2552	1	35181,3	0,22101	0,638812	3,890867
Внутри групп	30245155,1	190	159185			
Итого	30280336,3	191				

Рисунок 10. Однофакторный дисперсионный анализ между второй и третьей повторностями

Из рисунка 10 следует, что ручная регулировка расхода воды между второй и третьей повторностями повлияла на изменение данных на 63,8812%. Предполагается, что разница в значениях между первой и третьей повторностью должна быть больше, вследствие ручной регулировки расхода воды.

Однофакторный дисперсионный анализ между 1 и 3 повторностями						
ИТОГИ						
Группы	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия		
Значения повторности 1	92	244715	2659,95	121070,5355		
Значения повторности 3	96	260243	2710,86	162462,4552		
Дисперсионный анализ						
Источник вариации	SS	df	MS	F	Р-Значение	F критическое
Между группами	121803,5	1	121804	0,8565	0,355921	3,89194
Внутри групп	26451352	186	142212			
Итого	26573155,5	187				

Рисунок 11. Однофакторный дисперсионный анализ между первой и третьей повторностями

Анализ данных рисунка 11, показывает, что регулировка между повторностями повлияла на конечный результат лишь на 35,5921%, несмотря на то, что между соседними повторностями влияние выше.

Это говорит о том, что ручная регулировка влияет на расход воды нестабильным образом. Более того, необходимо оценить интенсивность изменения расхода воды.

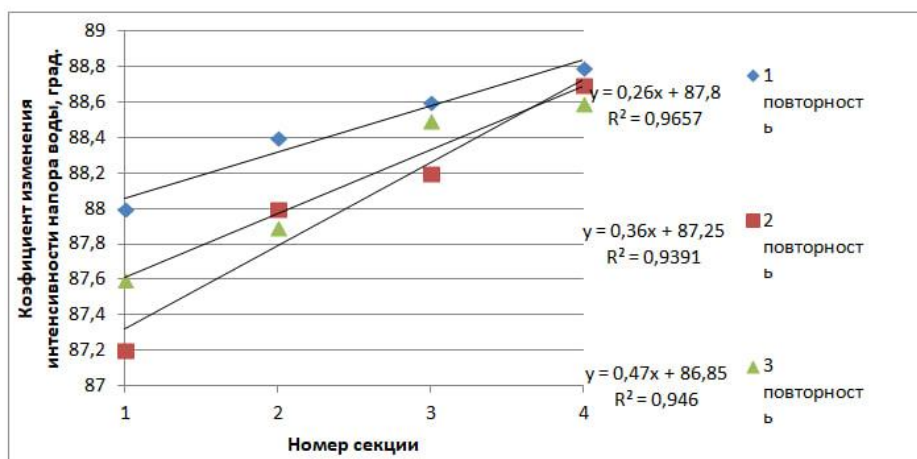


Рисунок 12. Изменение интенсивности напора воды на каждой секции в каждой повторности

Рисунок 12 показывает, что, несмотря на влияние регулировок, интенсивность изменения напора, и соответственно расхода воды, неравномерно меняется с каждой повторностью. Для первой повторности данные имеют наименьший разброс, значения изменения интенсивности напора находятся на минимальном удалении от линии тренда. Для второй и третьей повторностей наблюдается сильный разброс значений коэффициента. Самое стабильное изменение интенсивности показывает канал на четвертой секции, несмотря на сильный разброс значений расхода воды (Рисунок 3-5). Вторая и третья секции идентичны, так как находятся вблизи центрального крана. Первая секция имеет наибольшую разницу

между значениями коэффициента изменения интенсивности напора воды, а в сравнении с четвертой секцией, можно сказать о разной регулировке каналов. Важно сказать, что важно проводить сравнение между двумя крайними каналами, так как они находятся на равном удалении от центрального крана, и должны иметь схожие значения полученных данных, также как и второй и третий канал на секциях, находящиеся в центре.

Исходя из полученных результатов, была проведена модернизация поливной системы с внедрением и установкой циркуляционного водяного насоса CLM 32x40x180 ONDO мощностью 70 ватт, компенсирующего подачу воду. Так же такая система позволяет менять норму внесения поливной воды, для работы с разными культурами. Регулировка расхода и нормы внесения обеспечивается переключением скорости на насосе (1,2,3 скорость) и центральным вентилем. [8,9] Для проверки влияния модернизации на равномерность расхода воды, был проведен эксперимент, результаты которого представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты эксперимента после проведения модернизации узла.

№ повторности	Объем потраченной воды на каждой секции, мл				Сумма затраченного объема, М, мл	Расход поливной воды, Q, мл/с
	1	2	3	4		
1	3039	3052	3008	3042	12141	485,64
2	2984	2987	3082	3012	12065	482,6
3	3089	2992	2947	3092	12120	484,8
4	3049	2902	3067	3062	12080	483,2
5	3009	2882	3057	3032	11980	479,2
6	3064	2722	3052	3027	11865	474,6
7	3009	2922	3057	2982	11970	478,8
8	3069	3227	3077	3032	12405	496,2
9	3014	3182	3047	2967	12210	488,4
10	3079	2902	3089	2962	12032	481,28
11	3079	2992	3057	3022	12150	486
12	3094	3032	2997	3092	12215	488,6
13	3089	2997	2987	3062	12135	485,4
14	3069	3062	3052	3022	12205	488,2
15	3039	3007	3052	3037	12135	485,4
16	3009	3002	3057	3007	12075	483
17	3044	3052	3022	2992	12110	484,4
18	3084	2999	3067	2972	12122	484,88
19	3014	3052	3042	3012	12120	484,8
20	3059	3047	3037	3027	12170	486,8

Полученные результаты показывают, что при использовании циркуляционного насоса в системе подачи поливной воды - показатель расхода выравнивается и отвечает норме внесения 0,4-0,5 л/с. Так же, потраченный объем воды на каждой секции и в сумме со всех каналов не имеет большого разброса в данных, что говорит о стабилизации напора в системе подачи поливной воды. Следует уточнить, что отклонение от среднего значения расхода и суммарного объема затраченной воды не значительно.

Выводы

По результатам экспериментальных исследований определены параметры регулировки напора воды для условий автоматизации процесса посадки рассады, такие как расход поливной воды для обеспечения нормы внесения.

Так же выявлено, что для соответствия агротехническим требованиям, недостаточно вручную компенсировать изменение расхода, так как это несет случайный характер результата (35,5921 - 66,1458%).

Установлено, что изменение нормы внесения воды для посадки других культур с отличающимися требованиями к поливу, без модернизации узла не представляется возможным. Так как при ручной регулировке невозможно гарантировать нужное изменение расхода и напора.

Необходимо поддерживать подачу воды в три литра с каждого канала на секциях, 12л общей массы, что соответствует норме внесения воды 0,4 – 0,5 л/с. на растение, на протяжении всего времени полива [16,17]. Это достигается путем компенсации давления в системе подачи циркуляционным насосом для воды CLM 32x40x180 ONDO мощностью 70 ватт, на выходе из емкости, либо перед центральным вентиляем, что обеспечивает установление расхода воды 0,33 – 0,66 л/с с помощью изменения скорости насоса. Данное техническое решение позволяет изменять норму внесения, а так же стабилизировать напор поливной воды.

Литература

1. Рекомендации по совершенствованию организации производства табака в хозяйствах сельских товаропроизводителей при переходе к рыночной экономике. Краснодар, 1993. 54 с.
2. Трубилин Е.И., Абликов В.А., Соломатина Л.П., Лютый А.Н. Сельскохозяйственные машины (Конструкция, теория и расчет). Часть I: Учебное пособие /КГАУ. 2-е изд. перераб. и доп. Краснодар, 2008. 200с.
3. Ресурсосберегающая технология производства табака. (Рекомендации). Краснодар, 1999. 20 с.
4. Агротехнологические основы повышения эффективности производства табака / под общ. ред. А.Е. Лысенко. Краснодар, 2003. 370 с.
5. Бучинский А.Ф., Володарский П.Г., Асмаев Г.П. [и др.]. Табаководство. 3-е, перераб. и доп. изд. М.: Колос, 1979. 320 с.
6. Винецкий Е.И., Дьячкин И.И., Грушевская Т.В. [и др.]. Средства механизации выращивания рассады табака // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2002. №7. С. 7-10.

7. De Pascale S., Roupheal Y., Colla G., & Arena C. (2023). Irrigation Strategies to Enhance Water Use Efficiency and Crop Quality in Vegetable Crops. *Agronomy*, × 13 ×(5), 1421. DOI: 10.3390/agronomy13051421.

8. O'Connell S.M., Eching S.O., Sanden B.L., & El-Hendawy S.E. (2022). Modeling Cotton Yield and Water Use Dynamics under Varying Irrigation Regimes in California's San Joaquin Valley. *Agricultural Water Management*, × 269 ×, 107690. DOI: 10.1016/j.agwat.2022.107690.

9. Босой, Е.С. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин: учебник для вузов по спец. "С.-х. машины" / Е.С. Босой, О.В. Верняев, И.И. Смирнов, Е.Г. Султан-Шах; под ред. Е.С. Босого. - М.: Машиностроение, 1978. – 567 с.

10. Синеоков, Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков. - М.: Машиностроение, 1965. – 310 с.

11. Погорелов, Ю. П., & Вакуленко, Е. П. (2012). Оптимизация параметров рассадопосадочной машины с автоматическим поливом // Вестник АПК Верхневолжья. – № 3. – С. 55-59.

12. Ерохин, М. Н., & Ерохин, С. М. (2005). Рассадопосадочные машины для овощеводства: конструкция, расчет и эксплуатация // Техника в сельском хозяйстве. – № 5. – С. 20-23.

13. Авдеев, Ю.М., Тютюма, Н.Н., Семенихин, А.В., и др. (2015). Разработка и исследование рассадопосадочной машины с дозированной подачей воды // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – № 4(40). – С. 178-183.

14. Беляев, В.И., & Гаврилов, А.А. (2019). Обоснование параметров автоматизированной системы управления поливом рассады в теплицах // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – № 2. – С. 26-29.

15. Рожков, А.А., & Крутиков, С.М. (2003). Технологические основы машинного высаживания рассады // Сельский механизатор. – № 7. – С. 12-15.

16. Волков, Д.С., & Смирнов, П.И. (2021). Совершенствование конструкции высаживающего аппарата рассадопосадочной машины // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – № 3 (197). – С. 68-74.

17. Зайцев, А.В., & Кузнецов, В.М. (2010). Оптимизация технологического процесса высадки рассады с использованием рассадопосадочных машин // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – № 4(17). – С. 34-38.

References

1. Rekomendacii po sovershenstvovaniyu organizacii proizvodstva tabaka v hozjajstvah sel'skih tovaroproizvoditelej pri perehode k rynochnoj jekonomike. Krasnodar, 1993. 54 s.

2. Trubilin E.I., Ablikov V.A., Solomatina L.P., Ljutyj A.N. Sel'skohozjajstvennye mashiny (Konstrukcija, teorija i raschet). Chast' I: Uchebnoe posobie /KGAU. 2-e izd. pererab. i dop. Krasnodar, 2008. 200s.

3. Resursosberegajushhaja tehnologija proizvodstva tabaka. (Rekomendacii). Krasnodar, 1999. 20 s.

4. Agrotehnologicheskie osnovy povyshenija jeffektivnosti proizvodstva tabaka / pod obshh. red. A.E. Lysenko. Krasnodar, 2003. 370 s.

5. Buchinskij A.F., Volodarskij P.G., Asmaev G.P. [i dr.]. Tabakovodstvo. 3-e, pererab. i dop. izd. M.: Kolos, 1979. 320 s.

6. Vinevskij E.I., D'jachkin I.I., Grushevskaja T.V. [i dr.]. Sredstva mehanizacii vyrashhivaniya rassady tabaka // Mehanizacija i jelektifikacija sel'skogo hozjajstva. 2002. №7. S. 7-10.

7. De Pascale S., Roupheal Y., Colla G., & Arena C. (2023). Irrigation Strategies to Enhance Water Use Efficiency and Crop Quality in Vegetable Crops. *Agronomy*, × 13 ×(5), 1421. DOI: 10.3390/agronomy13051421.

8. O'Connell S.M., Eching S.O., Sanden B.L., & El-Hendawy S.E. (2022). Modeling Cotton Yield and Water Use Dynamics under Varying Irrigation Regimes in California's San Joaquin Valley. *Agricultural Water Management*, × 269 ×, 107690. DOI: 10.1016/j.agwat.2022.107690.

9. Bosoj, E.C. Теорія, конструкція і расчет sel'skohozhajstvennyh mashin: uchebnik dlja vuzov po spec. "S.-h. mashiny" / E.S. Bosoj, O.V. Vernjaev, I.I. Smirnov, E.G. Sultan-Shah; pod red. E.S. Bosogo. - M.: Mashinostroenie, 1978. – 567 s.

10. Sineokov, G.N. Proektirovanie pochvoobrabatyvajushhih mashin / G.N. Sineokov. - M.: Mashinostroenie, 1965. – 310 s.

11. Pogorelov, Ju. P., & Vakulenko, E. P. (2012). Optimizacija parametrov rassadoposadochnoj mashiny s avtomaticheskim polivom // *Vestnik APK Verhnevolzh'ja*. – № 3. – S. 55-59.

12. Erohin, M. N., & Erohin, S. M. (2005). Rassadoposadochnye mashiny dlja ovoshhevodstva: konstrukcija, raschet i jekspluatacija // *Tehnika v sel'skom hozhajstve*. – № 5. – S. 20-23.

13. Avdeev, Ju.M., Tjutjuma, N.N., Semehin, A.V., i dr. (2015). Razrabotka i issledovanie rassadoposadochnoj mashiny s dozirovannoj podachej vody // *Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*. – № 4(40). – S. 178-183.

14. Beljaev, V.I., & Gavrilov, A.A. (2019). Obosnovanie parametrov avtomatizirovannoj sistemy upravlenija polivom rassady v teplicah // *Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozhajstva*. – № 2. – S. 26-29.

15. Rozhkov, A.A., & Krutikov, S.M. (2003). Tehnologicheskie osnovy mashinnogo vysazhivanija rassady // *Sel'skij mehanizator*. – № 7. – S. 12-15.

16. Volkov, D.S., & Smirnov, P.I. (2021). Sovershenstvovanie konstrukcii vysazhivajushhego apparata rassadoposadochnoj mashiny // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. – № 3 (197). – S. 68-74.

17. Zajcev, A.V., & Kuznecov, V.M. (2010). Optimizacija tehnologicheskogo processa vysadki rassady s ispol'zovaniem rassadoposadochnykh mashin // *Agrarnaja nauka Evro-Severo-Vostoka*. – № 4(17). – S. 34-38.