

УЎТ: 631.53

ЁМҒИРЛАТИБ СУҒОРИШ ҚУРИЛМАСИНИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛ ТАДҚИҚОТИ НАТИЖАЛАРИ

З.Ж.Худоёров – PhD, доцент,
Тошкент давлат аграр университети

Аннотация

Мақолада қишлоқ хўжалик экинларини ёмғирлатиб суғориш қурилмаларининг экспериментал тадқиқоти натижалари келтирилган. Қўп омилли тадқиқотлар натижасида олинган регрессия тенгламаси ёрдамида сув томчисининг учиш масофаси ва ёмғирлатиб суғориш жараёни таҳлил қилинган. Ёмғирлатиб суғориш жараёни паст босимда амалга ошириш ва сув йўқотишларини камайтириш учун дефлекторли насадканинг конструктив-функционал структурасининг янги техник ечими ишлаб чиқилган. Натижада насадка гидросистемасидаги босим 0,1–0,3 МПа. дан 0,065 МПа. гача камайтиришга эришилган. Паст босимда ёмғирлатиб суғориш учун сув томчиси учиш масофаси $L=3,3-4,4$ метрга, суғориш зонасининг кенлиги эса $\Delta=1,1$ метрга тенг дала юзасидаги секторда жойлашади. Бунда сув томчиси учиш вақтининг назарий қиймати 0,47–0,58 с. ни ташкил этади.

Таянч сўзлар: ёмғирлатиб суғориш, сув томчиси, учиш масофаси, насадка, ёмғирлатиб суғориш қурилмаси, сув босими, насадка гидросистемаси, дефлектор.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТРОЙСТВ ОРОШЕНИЯ ДОЖДЕВАНИЕМ

З.Ж.Худоёров – PhD, доцент,
Ташкентский государственный аграрный университет

Аннотация

В статье приведены результаты экспериментальных исследований устройств орошения дождеванием сельскохозяйственных культур. Дальность полета капель дождя и процесс орошения дождеванием анализировались с помощью уравнения регрессии, полученного в результате многофакторного эксперимента. Разработано техническое решение конструктивно-функциональных структур дефлекторной насадки осуществляющие процесс дождевания при низком давлении. В результате исследований давление в гидросистеме насадки было снижено с 0,1–0,3 МПа до 0,065 МПа. Благодаря низконапорному поливу капля воды в секторе поверхности поля, располагается дальность полета равном $L=3,3-4,4$ метра, а ширина зоны полива составляет $\Delta=1,1$ метра. При этом теоретическое значение времени полета капли воды составляет 0,47–0,58 с.

Ключевые слова: орошение дождеванием, капли дождя, дальность полета, на-садка, дождевальное устройство, напор воды, гидросистема насадки, дефлектор.

RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF SPRINKLING IRRIGATION DEVICES

Z.J.Khudoyorov – PhD, associate professor,
Tashkent State Agrarian University

Abstract

The article presents the results of experimental studies of sprinkler irrigation devices for agricultural crops. The flight distance of raindrops and the process of sprinkling irrigation were analyzed using the regression equation obtained as a result of a multivariate experiment. A technical solution has been developed for the structural and functional structures of the deflector nozzle, which carry out the sprinkling process at low pressure. As a result of the research, the pressure in the nozzle hydraulic system was reduced from 0.1–0.3 MPa to 0.065 MPa. Due to low-pressure irrigation, a drop of water in the sector of the field surface has a flight range equal to $L=3.3-4.4$ meters, and the width of the irrigation zone is $\Delta=1.1$ meters. In this case, the theoretical value of the flight time of a water drop is 0.47–0.58 s.

Key words: sprinkler irrigation, raindrop, range, nozzle, sprinkler device, water head, hydraulic system of nozzle, deflector.

Кириш. Жаҳонда, хусусан, Ўзбекистонда сув ресурсларидан оқилона фойдаланишга қаратилган чора-тадбирларни ишлаб чиқиш, тежамкор суғориш технологияларини жорий қилиш, тупроқ ва ерларни мелиоратив ҳолатини яхшилаш, шу жумладан қишлоқ хўжалиги экинларини суғоришда тежамкор суғориш технологиясидан фойдаланишга катта эътибор қаратилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 23 октябрдаги «Ўзбекистон Республикаси қишлоқ хўжалигини ривожлантиришнинг 2020–2030 йилларга мўлжаллан-

ган Стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида»ги фармонида қишлоқ хўжалик экинларини суғоришда сувни тежайдиган технологиялар билан қамраб олинган ерларнинг умумий майдонини 2 млн. гектаргача етказиш назарда тутилган [1]. Республикада давлат томонидан қўллаб-қувватлаш механизмлари замон талабларига мослаб борилаётганлиги сабабли сувни тежайдиган технологиялар бугунги кунда 433 минг гектар майдонда жорий этилди ва уларнинг умумий кўрсаткичи суғориладиган майдонларнинг 17 фоизини ташкил қилиб, томчилатиб

суғориш технологиялари асосида суғориладиган майдонлар 290,3 минг, ёмғирлатиб суғориш 13,5 минг, дискрет суғориш технологияси 10,6 минг, эгилувчан қувурлар ёрдамида суғориш 299,7 минг, эгатга плёнка тўшаб суғориш технологияси 92 минг, лазер ускунаси ёрдамида ерларни текислаш ишлари 185,8 минг гектарга етказилди [2].

Ёмғирлатиб суғориш усули сувни тежайдиган тежамкор суғориш технологиялари ичида етакчи ҳисобланиб, АҚШда 10900 минг га (умумий суғориладиган майдонига нисбатан улуши 56%), Россияда 3500 минг (78,2%), Хитойда 2634 минг (5,4%), Ҳиндистонда 1635 минг (4,4%), Саудия Арабистонида 716 минг (78,1%), Мисрда 450 минг (16,8%), Қозоғистонда 57355 га (2,69%) майдон ёмғирлатиб суғорилади [3]. Ёмғирлатиб суғориш технологиясини мамлакатимизда кенг жорий этиш учун илмий-амалий тадқиқотларни ўтказишни тақозо этади.

Кўриб чиқилаётган муаммонинг ҳозирги ҳолати.

Ёмғирлатиб суғориш технологиясини такомиллаштириш бўйича хорижда етарли илмий тадқиқотлар олиб борилган. Ёмғирлатиб суғориш технологиясида сув томчисини ёмғирлатиш жараёнида буғланиши, шамол таъсирида учуриб кетиши сув ресурсларини йўқотилишига олиб келади. Ёмғирлатиб суғориш машиналарининг конструктив ва технологик параметрларини оптималлаштиришга бағишланган В.В.Слюсаренко, Г.П.Надежкина, В.К.Севрюгин, Л.В.Кравченко каби олим ва тадқиқотчиларнинг илмий ишлари мавжуд. В.В.Слюсаренко ёмғирлатиб суғоришда сув йўқотишлари 0,4–42 фоизга етиши мумкинлигини, Г.П.Надежкина тадқиқотларида “Фрегат” ёмғирлатиб суғориш машинасида буғланиш ва шамол учуриб кетиш ҳисобига сув йўқотишлари 10,4–22,5 фоизни ташкил этиши таъкидланади [4, 5].

ИСМИТИ маълумотларига кўра, «Фрегат» ёмғирлатиш машинаси билан суғориш нормаси 614 м³/га бўлганда, буғланиш туфайли сувнинг йўқотилиши 30 фоизгача етган. Шамол тезлиги 3 м/с бўлганда сув томчисининг учуриб кетилиши 7–10%, буғланиш эса ҳарорат 25–30°C, шамол тезлиги 1,1 м/с. дан 3,1 м/с. гача ошганда 13,7 фоиздан 20,7 фоизгача етади. В.К.Севрюгин тадқиқотларида (Ўзбекистон ва Қирғизистон далаларида) эса ҳаводаги томчиларнинг буғланиши ўртача 2,3 фоизни ташкил этган [6].

«Valley» ёмғирлатиш машинасининг синовлари ёмғирлатиш жараёнида сув йўқотишлари 32,4–38,5 фоизга тенглигини кўрсатган [7]. Н.Ф.Рыжко сув оқимининг ёмғирлатиш босимини 0,1–0,3 МПа камайтириш, сув томчисини диаметрини мақбуллаштириш ҳисобига буғланиш ва шамол учуриб кетишини 16–22 фоизга камайтиришга этишган [8].

Л.В.Кравченконинг сув йўқотишларини томчининг дала юзасида тақсимланишини эҳтимоллар назарияси ёрдамида бир хиллигини ошириш ҳисобига ҳал этишга бағишланган илмий тадқиқотлари маълум [9].

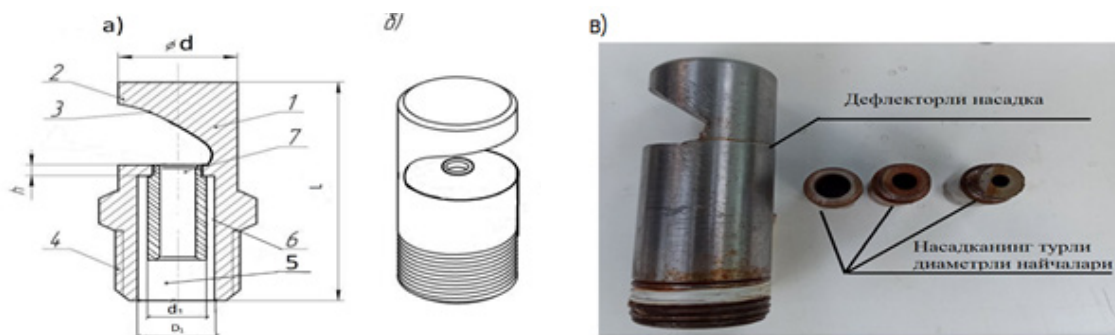
З.Ш.Юлдашевнинг илмий тадқиқотлари ёмғирлатиш жараёнида сув ресурслари йўқотишларини энергия тежамкор агрегатлар ёрдамида ҳал этишга бағишланган [10]. Тадқиқотчилар ёмғирлатиб суғориш жараёнида сув йўқотишларининг бундай катта диапазонда (0,4–42%) ўзгаришини тадқиқотларнинг турли минтақаларда олиб борилгани билан изохлашади ва сув томчисининг учуш вақти ва учуш баландлиги ошиши сув томчисининг шамол таъсирида учуриб кетилиши ва буғланиши кўпайишига олиб келишини таъкидлашади [4, 5, 7].

Сунъий сув томчисини ҳосил бўлиши, томчининг учуш вақти ва масофаси, унинг тупроқ юзасига кўрсатилган гидродинамик босими, ёмғирлатиш интенсивлиги ҳамда томчининг дала юзаси бўйлаб бир текис тақсимланиши гидросистемадаги босимга боғлиқ технологик параметрлар ҳисобланади [11]. Шу сабабли тежамкор суғориш тизимларини мамлакатимизда кенг жорий этишда ёмғирлатиб суғориш жараёни ва сув йўқотишлари билан юзага келаётган муаммоларни тадқиқ этиш долзарбдир.

Масаланинг қўйилиши. Сув томчиси учуш масофасини аниқлаш амалий аҳамиятга эга. Учуш масофаси ва учуш вақти қийматини насадка найчаси тешиги диаметри, сув оқимининг босими, дефлекторнинг қиялик бурчаги каби ёмғирлатиш қурилмаларининг конструктив ва технологик параметрлари белгилайди. Ёмғирлатиш жараёнида сув улуши буғланишининг ҳақиқий миқдорини аниқлаш мақсадида лаборатория синовлари ўтказилди [12]. Тажрибаларда сув томчиси диаметри $d_c = 1,33\text{--}2,5$ мм, ёмғирлатгич гидросистемасидаги сув босим $P = 0,05$ МПа ва ёмғирлатиш баландлиги $h = 1,6$ м қийматида ёмғирлатиш жараёнида сув миқдорининг буғланиши $I = 7,4\text{--}8,3\%$ эканлиги аниқланди. Тадқиқотлар ёмғирлатиш жараёнида сув йўқотишларини янада камайтириш имконияти мавжудлигини кўрсатди.

Ечиш усули (услуглари). Олинган натижалар, мавжуд ёмғирлатиш насадқаларини конструктив функционал эволюцияси ва морфологик таҳлили асосида улар гидросистемасида сув оқимига таъсир этувчи физик-техник эффектлар ўзгартирилди ва дефлекторли насадқалар янги авлоди учун техник ечим ишлаб чиқилди (1-расм).

Такимиллаштирилган насадка мавжудларидан сув оқимини найча тешигидан оқиб чиқишида “суюқликларни қалин деворли идишлардан оқиб чиқиш” хоссаси ҳосил қилинганлиги билан фарқланади. Бундай хоссага эга тешиқда сув оқими сиқилмайди ва 30 фоизгача кўп сув миқдорини оқиб чиқишига эришиш мумкин [13].



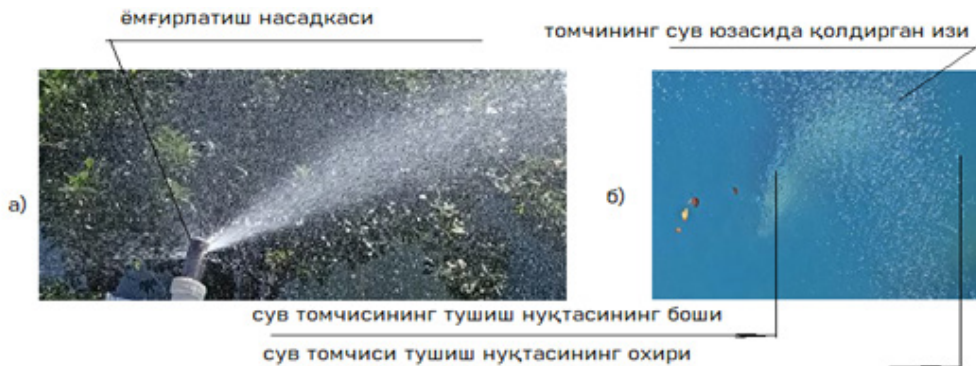
1-расм. Такимиллаштирилган дефлекторли насадка чизмаси ва фотосурати: 1 – корпус; 2 – дефлектор; 3 – экранли юза қайтаргич; 4 – улаш қисми; 5 – марказий канал; 6 – конфузор; 7 – найча.

Ишлаб чиқилган техник ечим паст босимда ёмғирлатиш имконини беради. Сув томчисининг бошланғич учиш тезлиги ва оқибатда учиш вақтининг камайиши сув йўқотишлари камайишига олиб келади.

Дефлекторли насадкадан отилиб чиқаётган сув томчисининг учиш масофасини насадка найчасидаги сув босимига боғлиқлигини аниқлаш мақсадида ТошДАУ “Қишлоқ хўжалигини механизациялаштириш” кафедрасида “Ёмғирлатиб сўғориш машиналари конструкциясини такомиллаштириш ва ёмғирлатиш жараёнини моделлаштириш” мавзусида олиб борилаётган илмий

тадқиқотлар режасига мувофиқ бир қатор тажрибалар ўтказилди. Тажрибалар очиқ сув ҳавзаси юзасига сув томчисини дефлекторли насадкалар билан ёмғирлатиш йўли билан аниқланди (2-расм).

Очиқ сув ҳавзасига ёмғирлатилганда ҳар қандай диаметрга эга томчи сув юзасига тушиш нуқтасини визуал кўриш мумкин бўлган аниқ из қолдиради. Учиш масофаси ёмғирлатиш нуқтасидан сув томчисининг очиқ ҳавзадаги сув сиртига тушиш нуқтасигача бўлган масофасини ўлчаш орқали амалга оширилди. Тажрибаларни ишончлилиги математик статистика қонунлари билан баҳолан-



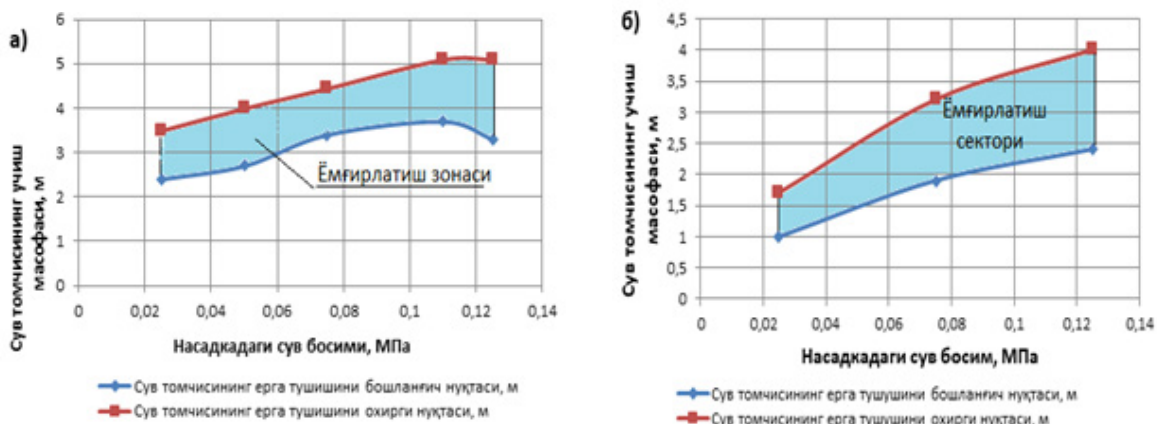
2-расм. Тажриба-синов ўтказиш жараёнини фотосуратлари: а) Дефлекторли насадканинг ёмғирлатиши; б) Томчининг сув юзасида қолдирган изи.

ди [14].

Тажрибалар лаборатория стендида ўтказилди. Тажрибаларда дефлектор найчаси тешиги диаметрининг $d=4$ мм, $d=6$ мм. ли намуналари қўлланилди ва найчадаги сув оқими босими $P=0,025-0,125$ МПа оралиғида $0,025$ МПа интервал билан ўзгартирди. Насадка дефлекторининг қиялик бурчаги $\alpha=25^\circ$. Ҳар бир интервалда тажрибалар сони 3 тани ташкил этди. Муҳит ҳарорати $t=45,1^\circ\text{C}$, ҳавонинг нисбий намлиги $W=20\%$, шамол тезлиги $S=0,1-0,2$ м/с.

Тадқиқот натижаларининг таҳлили. Тажриба натижалари 3-расмдаги графикларда келтирилган. Олинган маълумотлар сув томчиси дала юзасида ёмғирлатиш сектори ҳосил қилишини кўрсатди. Дала юзасига ёмғирлатилган томчиларнинг бошланғич тушиш нуқтаси ва охириги тушиш нуқталари мавжуд бўлиб, ёмғирлатиш нуқтасига нисбатан эллипсимон шакл ҳосил қилади.

Сув сарфининг тақсимланиши ушбу икки нуқта орасидаги секторда юз беради. Насадка найчаси тешигининг диаметри катталашган сари сув томчисининг учиш масофаси ошади. Суюқлик босим $P=0,025$ МПа ва насадка найчаси тешигининг диаметри $d=6$ мм. да учиш масофаси $X_1 = 2,4-3,6$ м. га тенг (3а-расм). Ёмғирлатиш зонасининг X ўқи бўйича қиймати (ёмғирлатиш зонасининг кенглиги) $\Delta=1,2$ метрни ташкил этади. Босим ошиб борган сари учиш масофаси ҳам ошиб боради. Унинг қиймати $P=0,125$ МПа. да учиш масофаси $L= 3,2-5,1$ м. ни ташкил этди. Ўз навбатида ёмғирлатиш зонасининг кенглиги $1,9$ м қийматга эга. Насадка найчасининг диаметри $d=4$ мм. га тенг бўлганда $d=6$ мм. ли найчага нисбатан учиш масофаси камаяди. Найчадаги суюқлик оқимининг босими $P=0,25$ МПа. га тенг бўлганда, учиш масофаси $L =0,75-1,25$ метрга тенг. Ёмғирлатиш зонасининг кенглиги $\Delta=0,5$ метрни ҳосил қилади



3-расм Сув томчиси учиш масофасининг насадка найчасидаги сув оқими босимига боғлиқлиги графиги: а) $d=6$ мм; б) $d=4$ мм.

Насадка найчаси тешиги диаметрининг турли қийматларида учиш масофасини ўзгариши уларда ҳосил бўлаётган сув томчисининг турли диаметрлари билан изоҳланади. Йирик диаметрға эға бўлган сув томчилари узокроқ масофаға, нисбатан кичик диаметрли сув томчилари яқинроқ масофаға учиб боради. Тажрибаларда насадка найчасида сув оқимининг босими қиймати $P=0,6-0,65$ МПа ва найча тешигининг диаметри $d=6$ мм тенг бўлганда сув томчисининг учиш масофаси $L=3,3-4,4$ метрга, суғориш зонасининг кенглиги эса $\Delta=1,1$ метрга тенглиги аниқланди.

Сув томчисининг учиш масофасига сув оқими босими қиймати P ва насадка найчаси диаметрининг d ўзаро таъсири аниқлаш мақсадида лаборатория стендида 22 омилли экспериментлар ўтказилди. Омилларнинг таъсири баҳолаш ва жараённинг математик ифодалаш учун қуйидаги биринчи тартибли модел танланди:

$$\bar{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{12}x_1x_2 \quad (1)$$

Эксперимент матрицаси ва синов натижалари 1-жадвалда, омилларнинг кодланган қиймати 2-жадвалда келтирилган.

Регрессион таҳлил ўтказиш мумкинлигини аниқлаш учун параллел тажрибаларни бир жинсли эканлигини Кохрен критерияси бўйича аниқланди:

$$\sigma_x = \frac{S_{max}^2}{\sum_{i=1}^N S^2} = 0,092, \quad (2)$$

бунда S_{max}^2 – энг катта дисперсия; $\sum_{i=1}^N S^2 = 65,81$ – тажрибалар дисперсиясининг йиғиндиси. $\sigma_{жад} = 0,515 > \sigma_x = 0,092$ шарт бажарилди [14].

Дисперсия параметрлари ва параллел тажрибаларнинг хатолиги текширилди ва аниқланди. Параллел тажрибалар дисперсиясининг бир жинсли эканлиги гипотезаси қабул қилинди. Дисперсиянинг ижро этилиши:

$$s^2 = \frac{1}{N} \sum S^2 = 16,45; \quad \text{Тажрибалар хатолиги } S = \sqrt{1,29} = 1,14$$

Тенглама коэффициентлари қуйидаги тенглама билан ҳисобланди:

$$b_0 = \frac{1}{8} \sum_{u=1}^8 X_{uo} \bar{y}_u; \quad b_i = \frac{1}{8} \sum_{u=1}^8 X_{ui} \bar{y}_u; \quad b_{ij} = \frac{1}{8} \sum_{u=1}^8 X_{iu} X_{ju} \bar{y}_u. \quad (3)$$

Бир қанча математик амалларни бажаргандан сўнг қуйидаги регрессия тенгламаси келиб чиқади:

$$Y = 406,6 + 109,6X_1 + 226,7X_2 + 53,2X_1X_2. \quad (4)$$

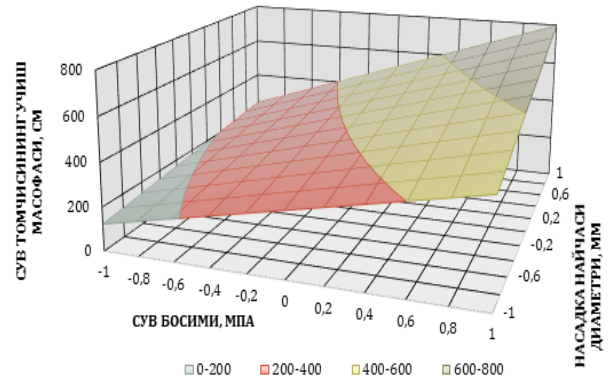
Тенгламанинг адекватлик гипотезаси Фишер критерияси бўйича текширилди: $F_{ад} = 0,371$. Коэффициентларнинг статистик аҳамияти Стъюдент критерияси бўйича текширилди. Тўлиқ омилли тажрибаларда коэффициентларнинг хатоси $S_{bi} = 1,17$. Барча коэффициентлар статистик аҳамиятли.

Регрессия тенгламасининг кодланган қийматларидан ҳақиқий қийматига ўтиш қуйидаги тенгламалар ёрдамида амалга оширилади:

$$X_1 = \frac{P - P_0}{\Delta_1} = \frac{P - 0,075}{0,025}; \quad X_2 = \frac{d - d_0}{\Delta_2} = \frac{d - 6}{2} \quad (5)$$

бунда P, d – текширилаётган омиллар; P_0, d_0 – текширилаётган омилларнинг асосий поғонаси; Δ_1, Δ_2 – вариация коэффициентлари.

Олинган натижалар бўйича қурилган ҳажмли график 4-расмда келтирилган.



4-расм. Сув томчиси учиш масофасига сув босими ва насадка найчаси диаметрининг ўзаро таъсири

Хулоса. Ёмғирлатиш қурилмаларини экспериментал тадқиқотлари натижаларининг таҳлили сув томчисининг максимал учиш масофаси $X_1 = +1$ ($P = 0,1$ МПа) ва $X_2 = +1$ ($d = 8$ мм) қийматларда юз беради. Бунда сув томчисининг учиш масофаси $L = 8$ м. га тенг. Сув томчисининг учиш масофаси ортиши билан учиш вақти ҳам ошиб боради. Ёмғирлатиш жараёнида бу омил сув томчисини буғланиши ва шамол таъсирида учуриб кетиладиган улушини ошишига олиб келади. Қишлоқ хўжалик экинларини самарали суғориш ва ўзгарувчан муҳитда сув томчисини табиий омиллар таъсирида йўқотилишини камайтириш мақсадида насадка найчасида сув оқимининг босими $P = 0,6-0,65$ МПа ва найча тешигининг диаметри $d = 8$ мм. га тенг бўлганда амалга оширилиш мақсадга мувофиқ эканлиги аниқланди. Бу параметрларда сув томчисининг учиш масофаси $L = 3,3-4,4$ метрга, суғориш зонасининг кенглиги эса $\Delta = 1,1$ метрга тенг дала юзасидаги секторда жойлашади. Бунда сув томчиси учиш вақтининг назарий қиймати $0,47-0,58$ с. ни ташкил этади [15]. Мавжуд ёмғирлатиш машиналаридаги сув босими $0,1-0,3$ МПа эканини ҳисобга олсак, тадқиқотлар натижасида олинган паст босимда ёмғирлатиш орқали ёмғирлатиш машиналарини такомиллаштириш имконияти туғилади. Олинган қийматлар ёмғирлатиб суғориш режимларини аниқлашда илмий-амалий аҳамиятга эға.

1-жадвал

Эксперимент матрицаси ва синов натижалари

№	X_0	X_1	X_2	X_1X_2	Y_1	Y_2	Y_3	$Y_{ўрт}$
1	+	-1	-1	+1	122	121	124	122,3
2	+	+1	-1	-1	124	123	124	235,3
3	+	-1	+1	-1	470	471	467	469,3
4	+	+1	+1	+1	797	797	795	796,3

2-жадвал

Эксперимент факторлари ва поғоналари

№	Кодланган параметрлар	-1	0	+1
X_1	Сув қувуридаги P босим	0,05 МПа	0,075 МПа	0,1 МПа
X_2	Насадка найча тешиги диаметри d	4 мм	6 мм	8 мм

№	Адабиётлар	References
1	Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2020 йил 10 июлдаги «Ўзбекистон Республикаси сув хўжалигини ривожлантиришнинг 2020-2030 йилларга мўлжалланган Концепциясини тасдиқлаш тўғрисида»ги ПФ-6024-сонли фармони. – Тошкент, 2020.	Decree No. PF-6024 dated 10.07.2020 of the President of the Republic of Uzbekistan «O'zbekiston Respublikasi suv xo'jaligini rivojlantirishning 2020-2030 yillarga mo'ljallangan kontseptsiyasini tasdiqlash to'g'risida»
2	Хамраев Ш.П. Натижалар салмокли, режалар улкан // «O'zbekiston qishloq va suv xo'jaligi» журнали. – Тошкент, 2022. – №1. – Б. 10-11.	Khamraev Sh.R. <i>Natijalar salmokli, rejalar ulkan</i> (The results are significant, the plans are huge) // Journal «O'zbekiston qishloq va suv xo'jaligi». Tashkent, 2022. №1. Pp. 10-11. (in Uzbek)
3	Гопалакришна М. Площади дождевания и микроорошения в некоторых странах-членах МКИД/ Гопала-кришна, М. Генеральный секретарь МКИД// http://www.cawater-info.net/int_org/acid/micro-irrigated_areas.htm .	Gopalakrishna, M. Sprinkling and micro-irrigation areas in some ICID member countries/Gopalakrishna, M. Secretary General of ICID// http://www.cawater-info.net/int_org/acid/micro-irrigated_areas.htm .
4	Слюсаренко В.В. Потери воды на испарение и снос при поливе дождеванием и способы их снижения / В.В. Слюсаренко, Н.Ф. Рыжко // – Нива Поволжья, 2009. – N 1. – С. 43-46.	Slusarenko, V.V. <i>Poteri vodi na ispareniye i snos pri polive dojdevaniyem i sposoby ix snijeniya</i> (Water losses on evaporation and drift at irrigation by sprinkling and ways of their decrease)/ V.V.Slyusarenko,N.F. Ryzhko// Niva Povolzh'ye. - 2009. - No 1. 43-46 p. (in Russian)
5	Надежкина Г. П. Совершенствование устройств приповерхностного полива дождевальной машины «ФРЕГАТ»/ Надежкина Г. П.// Дисс...канд.техн. наук. – Саратов, 2014.	Nadezhkina,G.P. <i>Sovershenstvovaniyeust-roystv pripoverxnostnogo poliva dojdeval'noy mashini «FREGAT»</i> (Improvement of surface irrigation devices of sprinkler machine "FREGAT")/ G.P. Nadezhkina // Disserta-tion...Cand. -Saratov, 2014. (in Russian)
6	Северюгин, В.К. Совершенствование техники и технологии полива дождеванием в условиях Средней Азии./ Северюгин В.К.// Дис... док. техн. наук. – Ташкент, 1998.	Sevryugin V.K. <i>Sovershenstvovaniye texniki i texnologii poliva dojdevaniyem v usloviyax Sredney Azii</i> (Perfection of technique and technology of irrigation by sprinkling in conditions of Central Asia) / Sevryugin V.K. // D. Sci. -Tashkent, 1998. (in Uzbek)
7	Карпова О.В. Усовершенствованные устройства приповерхностного дождевания дождевальной машины «ФРЕГАТ». Дисс...канд. техн.наук. – Саратов – 2017.	Karpova,O.V. <i>Usovershenstvovannyyeustroystva pripoverxnostnogo dojdevaniya dojdevalnoy mashini «FREGAT»</i> (Impro-ved devices for near-surface sprinkling of the FRE-GAT sprinkling machine). Disserta-tion...Cand. -Saratov, 2017. (in Russian)
8	Рыжко Н.Ф. Обоснование ресурсо-сберегающего дождевания и совершенствование дождевальной машины "Фрегат" в условиях Саратовского За-волжья/Рыжко Н.Ф.// Автореф. дисс... доктор техн. наук. – Саратов, 2012.	Ryzhko,N.F. <i>Obosnovaniyeresursosbere-gayushgo dojdevaniya i sovershenstvo-vaniye dojdevalnoy mashini "Fregat" v usloviyax Saratovskogo Zavol'z'ya</i> (Justification of resource-saving sprinkling and improvement of sprinkler machine "Fregat" in conditions of Saratov Zavolzh'ye)/Ryzhko N.F. //Authoraf. Disser-tation... doctor of technical sciences. -Saratov, 2012. (in Russian)
9	Кравченко Л.В. Оптимизация процессов дождевания сельскохозяйственных культур с использованием вероятностного моделирования/ Кравченко,Л.В.// Дисс.доктор техн. наук. – Зерноград, 2018. – 264 с.	Kravchenko,L.V. <i>Optimizatsiya protsessov dojdevaniya selskoxozyaystvennix kultur s ispolzovaniyem veroyatnostnogo modeli-rovaniyayu</i> (Optimization of sprinkling processes for agricultural crops using probabilistic modeling)/ Kravchenko,L.V.// dissertation... doctor of technical sciences. -Zernograd. 2018.– 264 pp. (in Russian)
10	Юлдашев З.Ш. Повышение энергетической эффективности в технологиях мобильных автономных агрегатов (на примере дождевальных машин фронтального действия)/ Дисс... доктор техн. наук. – Санкт-Петербург, 2018.	Yuldashev,Z.Sh. <i>Povisheniye energoef-fektivnosti v texnologiyax mobilnix avto-nomnix agregatov (na primere dojdevalnix mashin frontalnogo deystviya)</i> (Improving Energy Efficiency in Technologies of Mobile Autonomous Units (on the Example of Frontal Sprinklers) / dissertation... doctor of technical sciences.-Sankt-Peterburg. 2018. (in Russian)
11	Худоёров З.Ж. Дефлекторли насадкали ёмғирлатиш қурилмаларининг технологик параметрлари // "O'zbekiston qishloq va suv xo'jaligi" журнали. – Тошкент, 2022. – №11. – Б. 39-40.	Xudoyorov Z.X. <i>Deflektorli nasadkali yomg'irlatish qurilmalarining texnologik parametrlari</i> . Agrarian-economic, popular science journal Journal «O'zbekiston qishloq va suv xo'jaligi», 2022. №11. pp 39-40. (in Uzbek)

12	Триандафилов, А. Ф. Гидравлика и гид-равлические машины / А. Ф. Триандафилов, С. Г. Ефимова // – Сыктывкар: СЛИ, 2012. – 212 с.	Triandafilov, A. F. <i>Gidravlika i gidravlicheskiye mashini</i> (Hydraulics and hydraulic machines) / A. F. Triandafilov, S. G. Yefimova // – Siktivkar : SLI, 2012. – 212 p.
13	Худоёров З.Х. Ёмғирлатиб суғоришда сув томчисининг буғланиши // "Irrigatsiya va melioratsiya" журналі. – Тошкент, 2022. – Махсус сон. – Б. 79-80.	Xudoyorov Z.X. <i>Yomg'irlatib sug'orishda suv tomchisining bug'lanishi</i> . Agrarian-economic, popular science journal "O'zbekiston qishloq va suv xo'jaligi". Special Issue. 2022. Pp 79-80. (in Uzbek)
14	Моргунов, А.П. Планирование и анализ результатов эксперимента. А. П. Моргунов, И. В. Ревина. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. – С. 128-154.	Morgunov, A.P. <i>Planirovaniye i analiz rezul-tatov eksperimenta</i> (Planning and analysis of experimental results). A.P. Morgunov, I.V. Revina // - Omsk, OmGTU. 2014. pp. 128-154 (in Russian)
15	Zafar Khudayorov, Rakhmonberdi Khalilov, Irina Gorlova, Sherzodkhuja Mirzakhodjaev, Azhargul Mambet-sheripova. Mathematical model of water drop trajectory in artificial rainfall. E3S Web of Conferences 365, 04011 (2023). CONMECHYDRO - 2022). © The Authors, published by EDP Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.	Zafar Khudayorov, Rakhmonberdi Khalilov, Irina Gorlova, Sherzodkhuja Mirzakhodjaev, Azhargul Mambetsheripova. Mathematical model of water drop trajectory in artificial rainfall. E3S Web of Conferences 365, 04011 (2023). CONMECHYDRO - 2022). © The Authors, published by EDP Sciences. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0. (in Uzbek)
16	Зверьков М.С. Исследование давления капель искусственного дождя, создаваемого дождевальными аппаратами, на почву // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 8. – С. 73–77.	Zverkov M.S. <i>Issledovaniye davleniya kapel iskusstvennogo dojdya, sozdavayemogo dojdevalnimi apparatami, na pochvu</i> (The study of the pressure of artificial rain drops created by sprinkler machines on the soil) // Achievements of science and technology of the agroindustrial complex. 2018. T. 32. № 8. 73-77 p. (in Russian)
17	Худоёров, З.Ж. Ёмғирлатиб суғориш жараёнидаги сув оқими ҳаракатининг математик модели. O'zbekiston qishloq va suv xo'jaligi. Аграр-иқтисодий, илмий-оммабоп журнал. Махсус сон. 2022. 79-80 б.	Xudoyorov Z.J. <i>Yomg'irlatib sug'orish ja-rayonidagi suv oqimi harakatining matematik modeli</i> . Agrarian-economic, popular science journal "O'zbekiston qishloq va suv xo'jaligi". Special Issue. 2022. 79-80 p. (in Uzbek)
18	ГОСТ ИСО 7749-2— 2004 «Оборудование сельскохозяйственное оросительное. Аппараты дождевальные вращающиеся. Часть 2. Равномерность орошения и методы испытаний».	GOST ISO 7749-2— 2004 « <i>Oborudovaniye selskoxozyaystvennoye orositelnoye</i> . Apparati dojdevalniye vrashyushiyesya. Chast 2. Ravnomernost orosheniya i metodi ispitaniy».
19	Машины дождевальные подвижные. Часть 1. Эксплуатационные характеристики и методы лабораторных и полевых испытаний (ISO 8224-1:2003, IDT) Издание официальное Москва Стандартиформ 2020. принят Уз-стандартом Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 26 мая 2004 г. No 25).	Mashiny dojdevalniye podvijniye. Chast 1. <i>Ekspluatatsionniye xarakteristiki i metodi laboratornix i polevix ispitaniy</i> (ISO 8224-1:2003, IDT) Izdaniye ofitsialnoye Moskva Standartinform 2020. Official publication Moscow Standartinform 2020. adopted by the Uz-Standard Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (minutes of May 26, 2004 № 25).
20	Акпасов А.П.Повышение эффективности дождеобразования с обоснованием конструктивных параметров дефлекторных насадок кругового действия./Акпасов,А.П.//Дисс.доктор техн.наук. – Саратов, 2018. – 141 с.	Akpasov A.P. <i>Povisheniye effektivnosti doj-deobrazovaniya s obosnovaniyem konstruk-tivnix parametrov deflektornix nasadok krugovogo deystviya</i> (Improving the efficiency of rain formation with the justification of the design parameters of the deflector nozzles of circular action). / Akpasov, A.P.// disserta-tion... doctor of technical sciences.-Saratov. – 2018. 141 pp. (in Russian)