

МЕЛИОРАЦИЯ, ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО И АГРОФИЗИКА

Научная статья

УДК 631.333

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-1-118-131

Устройство и технологический процесс смешивания и внесения удобрений с поливной водой для подкормки сельскохозяйственных культур

Владимир Александрович Рудаков¹, Юлия Сергеевна Уржумова²,
Сергей Андреевич Тарасьянц³, Вадим Николаевич Ширяев⁴

^{1, 2, 3, 4}Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт имени А. К. Кортюнова –
филиал Донского государственного аграрного университета, Новочеркасск,

Российская Федерация

¹rekngma@magnet.ru

²urzhumovay@mail.ru

³rekngma@magnet.ru

⁴vadik334@mail.ru

Аннотация. Цель: разработка технологических схем и технических средств смешивания и внесения удобрений с поливной водой для подкормки сельскохозяйственных культур. **Материалы и методы.** Исследования проводились на полях Бирючукской овощной селекционной опытной станции – филиала Федерального научного центра овощеводства (г. Новочеркасск) и в фермерском хозяйстве ст. Заплавской Октябрьского района Ростовской области на участках с защищенным грунтом. Для обоснования технологического процесса внесения удобрений с использованием 4-компонентного смесителя удобрений с водой и внесения смеси в почву при удобрительных поливах разработаны технологические схемы, позволяющие вносить все виды удобрений. **Результаты.** По приведенным технологическим схемам удобрения предлагается вносить в почву с использованием капельного полива и струйного 4-компонентного смесителя в следующем порядке: используя рассчитанные дозы на планируемый урожай культур, заполняют емкости вытяжкой животноводческих стоков, минеральными удобрениями и микроэлементами (микроэлементы вносить по рекомендациям агрономической службы); пускается в работу струйный смеситель, в котором в качестве рабочего потока используется напорная вода, подаваемая от центробежного насоса или от напорного трубопровода, в качестве подсасываемого потока – удобрения. Изменение концентрации смеси производится соответствующими задвижками. Приведенные технологические схемы рекомендуются для использования при выращивании овощных культур в крупных и мелких фермерских хозяйствах, в открытом и защищенном грунте, позволяют использовать все виды удобрений при удобрительных поливах овощных культур. **Выводы:** предложенные технологические схемы позволяют внести все необходимые виды удобрений, обосновать исходные данные для гидравлического расчета оросительной сети, установить основные геометрические размеры и гидравлические параметры струйного 4-компонентного смесителя.

Ключевые слова: технологический процесс, 4-компонентный смеситель, удобрительные поливы, планируемая урожайность, доза питательных веществ, дефицит питательных веществ

Для цитирования: Устройство и технологический процесс смешивания и внесения удобрений с поливной водой для подкормки сельскохозяйственных культур /

В. А. Рудаков, Ю. С. Уржумова, С. А. Тарасьянц, В. Н. Ширяев // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 1. С. 118–131. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-118-131>.

LAND RECLAMATION, WATER MANAGEMENT AND AGROPHYSICS

Original article

Arrangement and technological process of mixing and fertilizing with irrigation water to crop feeding

Vladimir A. Rudakov¹, Yulia S. Urzhumova², Sergey A. Tarasyants³,
Vadim N. Shiryaev⁴

^{1, 2, 3, 4}Novocherkassk Engineering and Land Reclamation Institute – branch of the Don State Agrarian University, Novocherkassk, Russian Federation

¹rekngma@magnet.ru

²urzhumovay@mail.ru

³rekngma@magnet.ru

⁴vadik334@mail.ru

Abstract. Purpose: development of technological schemes and technical means of mixing and applying fertilizers with irrigation water for feeding crops. **Materials and methods.** The research was carried out on the fields of Biryuchekutsky vegetable breeding experimental station – a branch of Federal Scientific Center for Vegetable Growing (town Novocherkassk) and in the farm of the settlement Zaplavskaya Oktyabrsky district Rostov region on sites with protected ground. To justify the technological process of applying fertilizers using a 4-component fertilizer mixer with water and applying the mixture into the soil during fertilizing irrigation, technological schemes that allow applying all types of fertilizers have been developed. **Results.** According to the above technological schemes, fertilizers are proposed to be applied to the soil using drip irrigation and a 4-component jet mixer in the following order: using the calculated doses for the planned crop yield, fill the containers with the extract of livestock wastewater, mineral fertilizers and microelements (micronutrients are applied according to the recommendations of the agronomic service); a jet mixer is put into operation, in which pressure water supplied from a centrifugal pump or from a pressure pipeline is used as a working flow, fertilizer is used as a suction flow. The change in the mixture concentration is carried out by the corresponding valves. The above technological schemes are recommended for use in the cultivation of vegetable crops in large and small farms, in open and protected ground, allow the use of all types of fertilizers for fertilizing irrigation of vegetable crops. **Conclusions:** the proposed technological schemes make it possible to apply all the necessary types of fertilizers, to substantiate the initial data for the hydraulic calculation of the irrigation network, to establish the main geometric dimensions and hydraulic parameters of a 4-component jet mixer.

Keywords: technological process, 4-component mixer, fertilizer irrigation, planned yield, nutrient dose, nutrient deficiency

For citation: Rudakov V. A., Urzhumova Yu. S., Tarasyants S. A., Shiryaev V. N. Arrangement and technological process of mixing and fertilizing with irrigation water to crop feeding. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(1):118–131. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-118-131>.

Введение. В настоящее время в южных регионах и в целом по Российской Федерации наблюдается увеличение площадей орошаемых земель.

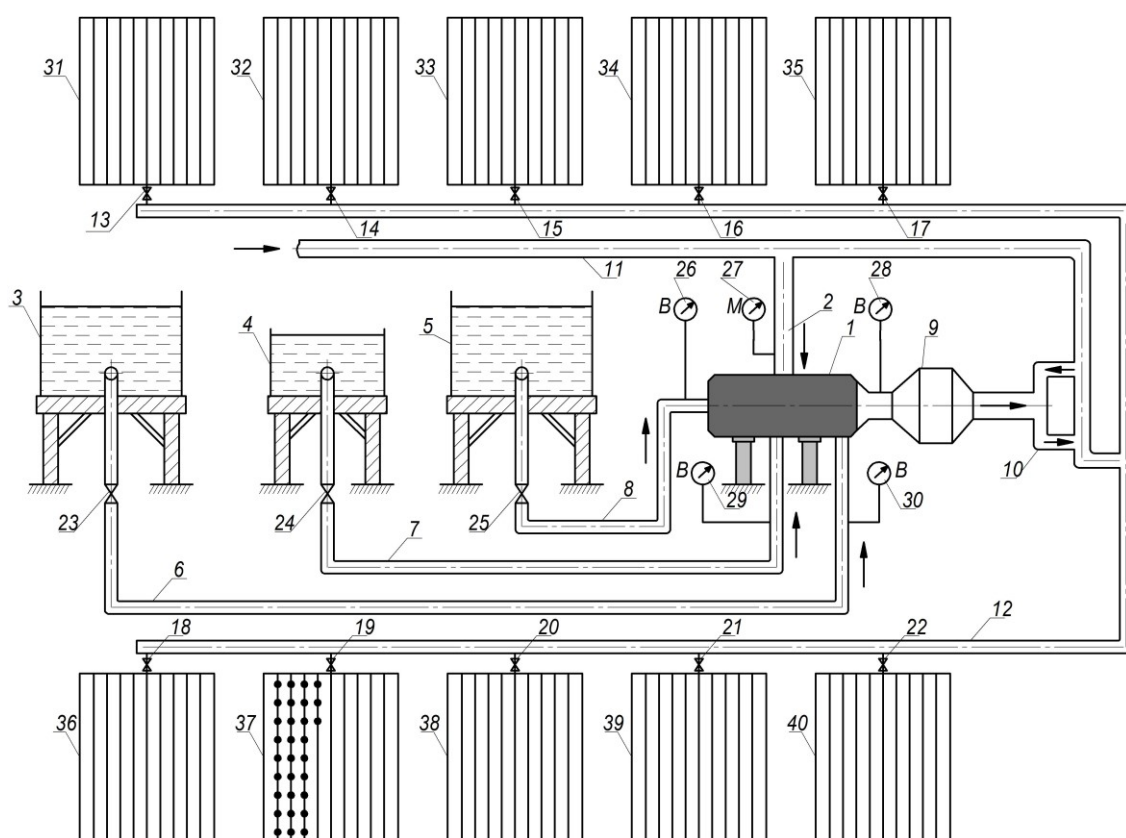
Развиваются как мелкие, так и крупные фермерские хозяйства при выращивании овощных, плодовых и кормовых культур на прикомплексных участках. Известно, что при всех способах орошения в вегетационный период проводятся удобрительные поливы смесью удобрений и воды. В качестве удобрений используются в основном органические и минеральные. На прикомплексных участках чаще всего вносят органические удобрения (животноводческие стоки и птичий помет), при отсутствии органических удобрений используются минеральные, но во всех случаях удобрения смешиваются с водой в необходимых пропорциях для разбавления токсичных элементов питательных веществ. В качестве смесителей в зависимости от способа полива используются водоемы-смесители, струйные аппараты, инжекторы для ввода удобрений в оросительную смесь и др. [1]. Указанные способы имеют ряд серьезных недостатков: отсутствие возможности изменения концентрации смеси, режимов орошения, необходимость подбора гидравлических параметров при вводе смеси в распределительный трубопровод. Указанные недостатки ограничивают использование существующих технологических схем смесительных устройств.

Цель исследований – разработка технологических схем и технических средств смешивания и внесения удобрений с поливной водой для подкормки сельскохозяйственных культур.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2021 г. на полях Бирючукской овощной селекционной опытной станции – филиала Федерального научного центра овощеводства (г. Новочеркасск) и в фермерском хозяйстве ст. Заплавской Октябрьского района Ростовской области на участках с защищенным грунтом.

Для обоснования технологического процесса внесения удобрений с использованием 4-компонентного смесителя удобрений с водой и внесения смеси в почву при удобрительных поливах разработаны технологические схемы, позволяющие вносить все виды удобрений.

Результаты и обсуждение. В качестве примера приводится использование технологических схем при выращивании сельскохозяйственных культур как в незащищенном грунте, так и в защищенном. Исследованный способ внесения удобрений проверен на полях Бирючукской овощной селекционной опытной станции – филиала Федерального научного центра овощеводства (г. Новочеркасск) и показан на схеме (рисунок 1). Доза питательных веществ рассчитывается на планируемую урожайность с учетом наличия в почве питательных веществ.



1 – струйный смеситель; 2 – рабочий трубопровод; 3–5 – емкости для удобрений;
6–8 – всасывающие трубопроводы; 9 – напорный трубопровод; 10 – байпас;
11 – магистральный трубопровод; 12 – распределительный трубопровод;
13–25 – задвижки; 26–30 – манометры; 31–40 – участки орошения

1 – jet mixer; 2 – working pipeline; 3–5 – containers for fertilizers; 6–8 – suction pipelines;
9 – pressure pipeline; 10 – bypass; 11 – main pipeline; 12 – distribution pipeline;
13–25 – valves; 26–30 – pressure gauges; 31–40 – irrigation plots

Рисунок 1 – Технологическая схема внесения удобрений на участки орошения с незащищенным грунтом

Figure 1 – Technological scheme of fertilizer application to irrigation areas with unprotected ground

По вышеприведенной схеме удобрения вносились в почву с использованием капельного полива в следующем порядке.

1 При рассчитанных дозах удобрений [2–5] на планируемый урожай [6, 7] заполняются емкости 3–5 вытяжкой животноводческих стоков, минеральными удобрениями и микроэлементами (в данном исследовании в качестве основной подкормки принимается вытяжка животноводческих стоков).

2 Рассчитываются режимы орошения.

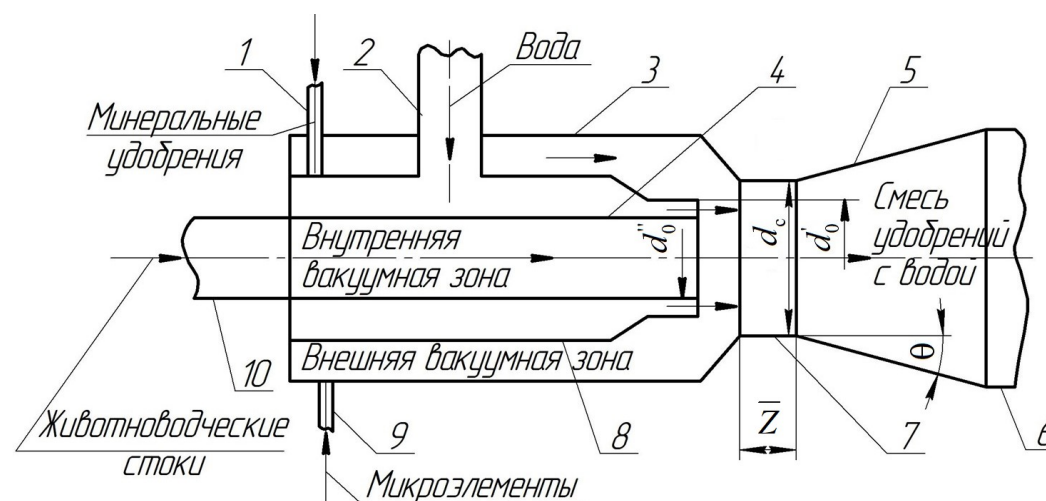
3 Пускается в работу струйный смеситель 1, работающий от напорного магистрального трубопровода 11 (центробежного насоса), способный с помощью создавшегося вакуума в корпусе проводить забор и подачу удобрений в сеть из емкостей 4, 5.

По мере необходимости подачи тех или иных видов удобрений открываются задвижки 23–25, предпочтение в данном случае отдается вытяжке животноводческих стоков, и по мере выдачи имеющихся питательных веществ, находящихся в стоках, в случае дефицита питательных веществ вносятся минеральные удобрения.

Изменение концентрации производится задвижками 23–25 на трубопроводах подачи удобрений. Контроль всего процесса производится манометрами 26–30. В качестве смесителя используется кольцевой 4-компонентный смеситель удобрений [8, 9] (рисунки 2, 3).

Конструкция 4-компонентного смесителя согласно рисунку 2 при давлении в патрубке 2 трубопровода подачи поливной воды позволяет создавать вакуум в патрубках 1, 9, 10 для ввода минеральных удобрений, микроэлементов и вытяжки животноводческих стоков в сеть.

При определении геометрических размеров основным параметром, влияющим на работу смесителя, является площадь поперечного сечения кольцевого сопла $\omega_0 = 0,785 [d_0'^2 - d_0''^2]$, оказывающая основное влияние на скорость выходящего потока рабочей струи (воды).



6

d_c – диаметр камеры смешения, мм; d_0' – диаметр внешнего сопла, мм; d_0'' – диаметр внутреннего сопла, мм; $\bar{Z}$ – расстояние от обреза сопла до начала камеры смешения, мм; θ – угол раскрытия диффузора, градусы; 1 – трубопровод подачи минеральных удобрений; 2 – рабочий трубопровод подачи воды; 3 – внешний корпус смесителя; 4 – внутренний насадок кольцевого сопла; 5 – диффузор; 6 – трубопровод отвода смеси удобрений и воды; 7 – камера смешения; 8 – наружный насадок кольцевого сопла; 9 – трубопровод подачи микроэлементов; 10 – трубопровод подачи животноводческих стоков

d_c – mixing chamber diameter, mm; d_0' – outer nozzle diameter, mm; d_0'' – diameter of the inner nozzle, mm; $\bar{Z}$ – distance from the nozzle edge to the beginning of the mixing chamber, mm; θ – diffuser opening angle, degrees; 1 – pipeline for supplying mineral fertilizers; 2 – working water supply pipeline; 3 – external body of the mixer; 4 – inner cap of the annular nozzle; 5 – diffuser; 6 – pipeline for the removal of a mixture of fertilizers and water; 7 – mixing chamber; 8 – outer cap of the annular nozzle; 9 – microelement supply pipeline; 10 – pipeline for supplying livestock waste

Рисунок 2 – Конструктивная схема струйного 4-компонентного смесителя удобрений

Figure 2 – Structural scheme of the 4-component jet fertilizer mixer



**Рисунок 3 – Струйный 4-компонентный смеситель.
Общий вид (фото В. А. Рудакова)**
**Figure 3 – 4-component jet mixer. General view
(photo by V. A. Rudakov)**

По выходящей скорости потока V_0 определяется основной параметр, скоростной напор в камере смешения. Задачей расчета диаметров d'_0 и d''_0 является назначение ширины щели в сопле для возможности создания увеличенной скорости рабочего потока. Диаметр наружного сопла d'_0 , по литературным рекомендациям, назначается в размере 0,90–0,95 диаметра камеры смешения.

Относительное расстояние от обреза кольцевого сопла до начала цилиндрической части камеры смешения $\bar{Z}$ принимается 0,1–0,3 d_c .

Расчет гидравлических параметров смесителя непосредственно связан с его геометрическими размерами. Основным определяющим условием эксплуатации смесителя является величина напора H_c , наибольшее значение которого для струйных смесителей ранее определено и соответствует 20–25 м.

На все гидравлические параметры смесителя оказывает влияние скорость рабочего потока в сопле V_0 , зависящая от напора центробежного насоса.

При увеличенной до максимума скорости V_0 скоростной напор также увеличивается, что способствует созданию вакуума как в сопле, так и в камере смешения для подсасывания удобрений.

В дальнейшем, используя данные рекомендации, разработали методику расчета гидравлических параметров смесителя, который проводится в следующем порядке.

1 Определяются необходимый напор и расход для участка орошения H_n и Q_0 .

2 По расходу Q_0 и напору H_n подбирается насосное оборудование для создания скорости V_0 в сопле.

3 По величине H_n рассчитывается скорость потока в сопле смесителя V_0 в случае включения смесителя в сеть.

4 Определяется скоростной напор $V_0^2 / 2g$ в камере смешения смесителя.

5 Определяются полная энергия и напор смесителя при выходе потока из диффузора $\mathcal{E}_d$ и H_c .

6 Рассчитывается величина вакуума во всасывающем трубопроводе смесителя.

Величины напоров смесителя и необходимого напора для участка орошения H_n сравниваются, и в случае необходимости смеситель устанавливается последовательно с дополнительным центробежным насосом.

В качестве примера приведен расчет с целью определения необходимой величины вакуума в трубопроводах подачи удобрений и подсасываемого смесителем расхода.

По исходным данным (коэффициент гидравлического сопротивления сопла $\zeta_0 = 0,04$, диффузора $\zeta_d = 0,10...0,12$, камеры смешения $\zeta_{к.с.} = 0,06$, свободный напор для капельных систем $H_{св} = 15$ м, расход капельниц

3,5 л/ч, потери напора в напорном трубопроводе 2,87 м) определены гидравлические параметры¹: напор центробежного насоса 20 м, напор смесителя 18 м, суммарный расход в распределительном трубопроводе 84 м³/ч, геометрические размеры: диаметр камеры смешения $d_c = 1,1d'_0 = 50$ мм, диаметр внешнего сопла $d'_0 = 0,9d_c = 45$ мм, диаметр внутреннего сопла $d''_0 = 25,4$ мм, длина камеры смешения $L_{ц} = 2d_c = 100$ мм, расстояние от обреза сопла до начала камеры смешения $\bar{Z} = 0,3d_c = 15$ мм, угол раскрытия диффузора $\theta = 7^\circ$ и длина диффузора 140 мм при угле раскрытия $\theta = 7^\circ$.

По полученным расчетным параметрам определяются длины и диаметры всех трубопроводов, необходимый объем емкостей для установленного количества удобрительных поливов, времени выдачи удобрений.

На основе описанных рекомендаций определяются варианты расчета смесителя и разработки конструкторской документации.

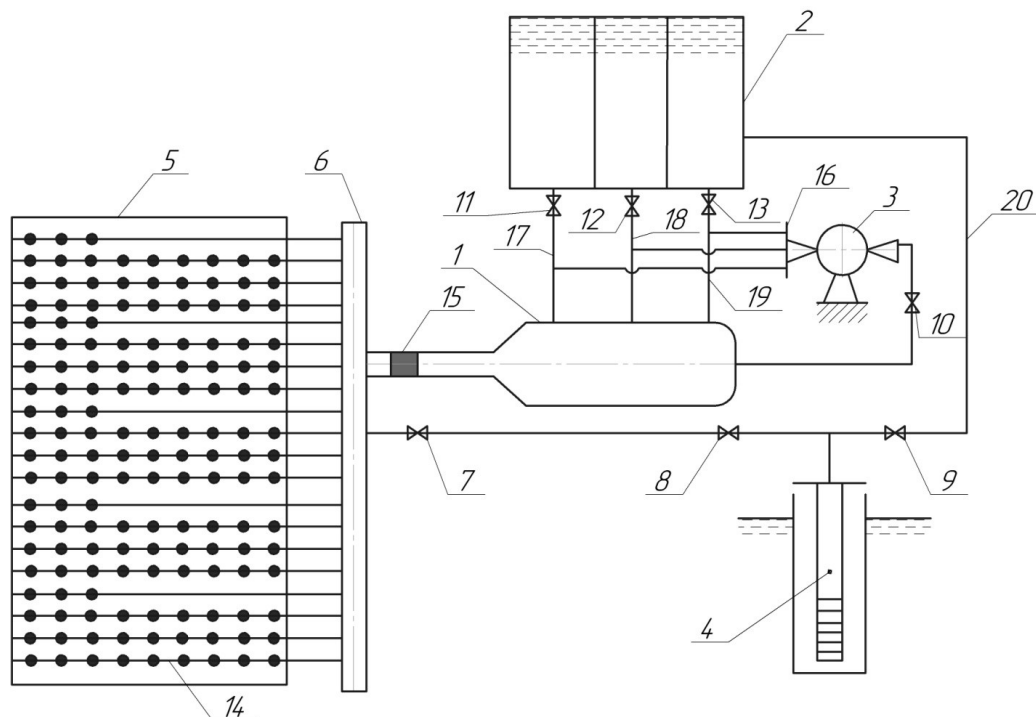
При использовании защищенного грунта рассматривается технологическая схема в фермерском хозяйстве ст. Заплавской Октябрьского района Ростовской области.

В последнее время, особенно в южных районах Российской Федерации, развивается способ выращивания овощей в защищенном грунте с внесением различных видов удобрений (рисунки 4, 5) и капельным поливом, позволяющим надежно выдерживать рассчитанные режимы орошения и нормы внесения удобрений. В качестве основного удобрения используется, как правило, вытяжка стоков крупного рогатого скота, рассчитанная по азоту, дефицит калия и фосфора компенсируется внесением минеральных удобрений [10].

Микроэлементы вносятся по дополнительным рекомендациям агро-

¹Справочник по гидравлическим расчетам / П. Г. Киселев [и др.]; под ред. П. Г. Киселева. М.: Энергия, 1984. 312 с.

номической службы и необходимому расчету на планируемую урожайность. Внесение удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур проводится по схеме в соответствии с рисунком 4 на опытных участках с высадкой определенного количества растений в фермерских хозяйствах.



1 – смеситель удобрений; 2 – 3-секционная емкость; 3 – центробежный насос;
4 – погружной насос; 5 – орошаемый участок; 6 – распределительный трубопровод;
7–13 – задвижки; 14 – капельные ленты; 15 – фильтр; 16 – фланец центробежного насоса; 17–19 – трубопроводы подачи удобрений; 20 – линия подачи поливной воды
1 – fertilizer mixer; 2 – 3-section container; 3 – centrifugal pump; 4 – submersible pump;
5 – irrigated area; 6 – distribution pipeline; 7–13 – gate valves; 14 – drip tapes; 15 – filter;
16 – centrifugal pump flange; 17–19 – fertilizer supply pipelines; 20 – irrigation water supply line

Рисунок 4 – Технологическая схема внесения удобрений на орошаемом участке с защищенным грунтом [11]

Figure 4 – Technological scheme of fertilizer application on an irrigated area with protected soil [11]

Система подачи удобрений состоит из смесителя 1, 3-секционной емкости 2, центробежного насоса 3, погружного насоса 4, орошаемого участка с защищенным грунтом 5, распределительного трубопровода 6, задвижек 7–13, капельных лент 14, фильтра 15, фланца центробежного насоса 16, трубопровода подачи удобрений 17–19, линии подачи поливной воды 20.



**Рисунок 5 – Установка оборудования при выращивании томата с использованием защищенного грунта.
Общий вид (фото В. Н. Ширяева)**

Figure 5 – Equipment installation during tomato cultivation using protected ground. General view (photo by V. N. Shiryayev)

Работает система следующим образом: 3-секционная емкость 2 заполняется (в данном исследуемом случае) вытяжкой животноводческих стоков (птичьего помета) и минеральными удобрениями, включается центробежный насос 3 и вода под напором подается в смеситель 1, создавая в нем вакуум, способствующий подсасыванию по трубопроводам 17–19 удобрений в зависимости от состояния задвижек 11–13.

В смесителе 1 вода перемешивается с удобрениями и через фильтр 15 подается в распределительный трубопровод 6 и капельные ленты 14. На случай, если необходимо увеличить напор для орошаемого участка, трубопроводы 17–19 врезаны во фланец центробежного насоса 3, способствующего созданию необходимого напора для орошаемого участка и подачи воды в сеть без удобрений.

Выводы. Предложенные технологические схемы могут быть использованы для внесения органических и минеральных удобрений при удобрительных поливах овощных культур в малых и крупных фермерских хозяйствах.

Наличие разработанной технологической схемы внесения удобрений с использованием 4-компонентного смесителя позволит усовершенствовать весь процесс выращивания сельскохозяйственных культур, повысить урожайность, сократить расходы на строительство и эксплуатацию оросительной сети.

Предложенное описание конструктивной схемы кольцевого 4-компонентного смесителя удобрений позволяет проектным организациям использовать при проектировании орошаемых участков надежный, высокоэффективный по энергозатратам смеситель всех видов удобрений, в т. ч. и микроэлементов, с возможностью изменения концентрации смеси в необходимых пропорциях во время удобрительных поливов.

Список источников

1. Барабаш В. М., Абиев Р. Ш., Кулов Н. Н. Обзор работ по теории и практике перемешивания // Теоретические основы химической технологии. 2018. Т. 52, № 4. С. 367–383. DOI: 10.1134/S0040357118040024.
2. Данилова А. А. Оптимальные дозы фосфорных удобрений (к почвенно-биохимическим аспектам проблемы) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49, № 3. С. 5–15. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2019-3-1>.
3. Воронин А. Н., Котьяк П. А. Влияние дозы азотных удобрений и ширины междурядий на продуктивность амаранта // Аграрный вестник Верхневолжья. 2019. № 3(28). С. 11–16. DOI: 10.35523/2307-5872-2019-28-3-11-16.
4. Хакимов Ш. З. Влияние динамики НРК на дозы внесения минеральных удобрений под озимую пшеницу // Плодородие. 2021. № 5(122). С. 56–61. DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.14.
5. Tarigan A. B., Marheni, Ginting J. Application of fertilizer type and dosage toward brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stall.) attack level on several paddy (*Oryza sativa* L.) varieties // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 260. 012179. DOI: 10.1088/1755-1315/260/1/012179.
6. Лихоманова М. А., Соловьева О. А. Влияние способов полива на эффективность возделывания овощных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1(61). С. 161–173. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-16.
7. Кизяев Б. М., Исаева С. Д. К вопросу о сельскохозяйственном водоснабжении // Мелиорация и водное хозяйство. 2020. № 3. С. 17–22.
8. Пат. на полезную модель 188521 Российская Федерация, МПК F 04 F 5/10. Струйный трехкомпонентный насос-смеситель с промывкой всасывающих трубопроводов животноводческих стоков / Рудаков В. А., Дегтярева К. А., Уржумова Ю. С., Тарасьянц С. А.; заявитель и патентообладатель НИМИ Донского ГАУ. № 2018136477; заявл. 15.10.18; опублик. 16.04.19, Бюл. № 11. 5 с.
9. Пат. на полезную модель 198717 Российская Федерация, МПК В 01 F 5/20. Струйный кольцевой четырехкомпонентный смеситель удобрений / Панов В. Б., Ава-

кян С. А., Уржумова Ю. С., Тарасьянц С. А.; заявитель и патентообладатель Донской ГАУ. № 2020112144; заявл. 24.03.20; опубл. 23.07.20, Бюл. № 21. 3 с.

10. Monitoring of fertilization and increase of fertility of agricultural soils / S. Tarasyants, A. Tkachov, V. Rudakov, Y. Urzhumova, D. Efimov // Soil and Sediment Contamination. 2021. Vol. 30, № 7. P. 886–889. DOI: 10.1080/15320383.2021.1900067.

11. The calculation basis for a four-component jet mixer for fertilizer and water / S. A. Tarasyants, V. A. Rudakov, Y. S. Urzhumova, K. A. Degtiareva // E3S Web of Conferences. 1st International Scientific and Practical Conference. 2021. Vol. 262. 01035. DOI: 10.1051/e3sconf/202126201035.

References

1. Barabash V.M., Abiev R.Sh., Kulov N.N., 2018. *Obzor rabot po teorii i praktike peremeshivaniya* [Theory and practice of mixing: Review]. *Teoreticheskie osnovy khimicheskoy tekhnologii* [Theoretical Foundations of Chemical Engineering], vol. 52, no. 4, pp. 367-383, DOI: 10.1134/S0040357118040024. (In Russian).

2. Danilova A.A., 2019. *Optimal'nye dozy fosfornykh udobreniy (k pochvenno-biokhimicheskim aspektam problemy)* [Optimal doses of phosphate fertilizers (soil-biochemical aspects of the problem)]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Siberian Bulletin of Agricultural Science], vol. 49, no. 3, pp. 5-15, <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2019-3-1>. (In Russian).

3. Voronin A.N., Kotyak P.A., 2019. *Vliyanie dozy azotnykh udobreniy i shiriny mezhduryadiy na produktivnost' amaranta* [Effect of nitrogen fertilizer dose and row spacing on amaranth productivity]. *Agrarnyy vestnik Verkhnevolzh'ya* [Agrarian Bulletin of the Upper Volga], no. 3(28), pp. 11-16, DOI: 10.35523/2307-5872-2019-28-3-11-16. (In Russian).

4. Khakimov Sh.Z., 2021. *Vliyanie dinamiki NPK na dozy vneseniya mineral'nykh udobreniy pod ozimuyu pshenitsu* [The influence of NPK dynamics on the doses of mineral fertilizers for winter wheat]. *Plodorodie* [Fertility], no. 5(122), pp. 56-61, DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.14. (In Russian).

5. Tarigan A.B., Marheni, Ginting J., 2019. Application of fertilizer type and dosage brown planthopper (*Nilaparvata lugens* Stall.) attack level on several paddy (*Oryza sativa* L.) varieties. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, vol. 260, 012179, DOI: 10.1088/1755-1315/260/1/012179.

6. Likhomanova M.A., Solovieva O.A., 2021. *Vliyanie sposobov poliva na effektivnost' vozdeleyvaniya ovoshchnykh kul'tur* [Influence of irrigation methods on the efficiency of cultivation of vegetable crops]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proc. of Lower Volga Agrouniversity Complex: Science and Higher Education], no. 1(61), pp. 161-173, DOI: 10.32786/2071-9485-2021-01-16. (In Russian).

7. Kizyaev B.M., Isaeva S.D., 2020. *K voprosu o sel'skokhozyaystvennom vodosnabzhenii* [On the issue of agricultural water supply]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo* [Land Reclamation and Water Management], no. 3, pp. 17-22. (In Russian).

8. Rudakov V.A., Degtyareva K.A., Urzhumova Yu.S., Tarasyants S.A., 2019. *Struynnyy trekhkomponentnyy nasos-smesitel' s promyvkoym vsasyvayushchikh truboprovodov zhivotnovodcheskikh stokov* [Three-component jet pump mixer with flushing of livestock effluents through suction pipelines]. Patent RF, no. 188521. (In Russian).

9. Panov V.B., Avakyan S.A., Urzhumova Yu.S., Tarasyants S.A., 2020. *Struynnyy kol'tsevoy chetyrekhkomponentnyy smesitel' udobreniy* [Four-component jet ring mixer of fertilizers]. Patent RF, no. 198717. (In Russian).

10. Tarasyants S., Tkachov A., Rudakov V., Urzhumova Y., Efimov D., 2021. Monitoring of fertilization and increase of fertility of agricultural soils. Soil and Sediment Contamination, vol. 30, no. 7, pp. 886-889, DOI: 10.1080/15320383.2021.1900067.

11. Tarasyants S.A., Rudakov V.A., Urzhumova Y.S., Degtiareva K.A., 2021. The calculation basis for a four-component jet mixer for fertilizer and water. E3S Web of Conferences. 1st International Scientific and Practical Conference, vol. 262, 01035, DOI: 10.1051/e3sconf/202126201035.

Информация об авторах

В. А. Рудаков – аспирант;

Ю. С. Уржумова – доцент кафедры мелиорации земель, кандидат технических наук, доцент;

С. А. Тарасьянц – профессор кафедры водоснабжения и использования водных ресурсов, доктор технических наук, профессор;

В. Н. Ширяев – главный инженер, кандидат технических наук.

Information about the authors

V. A. Rudakov – Postgraduate Student;

Yu. S. Urzhumova – Associate Professor of Land Reclamation Department, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

S. A. Tarasyants – Professor of the Department of Water Supply and Use of Water Resources, Doctor of Technical Sciences, Professor;

V. N. Shiryaev – Chief Engineer, Candidate of Technical Sciences.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 08.07.2022; одобрена после рецензирования 02.11.2022; принята к публикации 22.11.2022.

The article was submitted 08.07.2022; approved after reviewing 02.11.2022; accepted for publication 22.11.2022.