

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-625923>

Оригинальное исследование



Средство уничтожения очагов многолетних корнеотпрысковых сорняков с вредителями и болезнями в них

И.М. Киреев¹, М.В. Данилов², З.М. Коваль¹, В.О. Марченко¹, Ф.А. Зимин¹

¹ Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, Правдинский, Московская область, Российская Федерация;

² Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Введение. Предметом исследования является технологический процесс защитного опрыскивания сельскохозяйственных культур комбинированным методом от многолетних сорняков в очагах на поле двумя пневмогидравлическими устройствами со щелевыми распылителями в составе усовершенствованного малогабаритного штангового опрыскивателя.

Цель исследований — разработка технического средства уничтожения очагов многолетних корнеотпрысковых сорняков с вредителями и болезнями в них.

Методы и средства. Применялись разработанные пневмогидравлические устройства к усовершенствованному навесному штанговому опрыскивателю растений для обработки очагов с многолетними сорняками на поле. Химическое опрыскивание традиционным способом и разработанными пневмогидравлическими устройствами с осевыми вентиляторами и электродвигателями 12 В, обеспечивающими распределение капельной жидкости двумя распылителями на поверхности обработки более 4-х м, позволяет совместным применением уменьшить количество вносимых препаратов по сравнению с традиционной технологией и снизить пестицидную нагрузку на культурные растения путем точечного уничтожения очагов с сорняками, вредителями и болезнями. На основании разработанных методик получены результаты опрыскивания поверхности капельной жидкостью с известной дисперсностью при применении щелевых распылителей и контролируемых давлений жидкости стрелочным манометром при проведении опытов.

Новизна исследований. Впервые предложен комбинированный метод и техническое средство реализации цели исследований для уничтожения очагов многолетних сорняков на поле и распространяемых в них болезней и вредителей сельскохозяйственных культур.

Результаты. При использовании навесного опрыскивателя с двумя ёмкостями для рабочих жидкостей комбинированных растворов гербицидов или в одной из ёмкостей раствора инсектицида и установкой на краях штанги, с традиционным расположением щелевых распылителей, усовершенствованных пневмогидравлических устройств, представлена возможность обеспечения агротехнических требований по применению гербицидов, инсектицидов и фунгицидов. Одновременное воздействие крупных капель гербицидов на сорную растительность и проникновение мелких капель внутрь растений уничтожит очаги корневищных и корнеотпрысковых сорняков с вредителями и болезнями для обеспечения благоприятных условий производства с/х культур.

Заключение. Экспериментально обоснован комбинированный метод и техническое средство химической обработки многолетней сорной растительности с вредителями и болезнями для создания благоприятных условий производства культурных растений. Выполнение условий обеспечивается оснащением навесного опрыскивателя двумя ёмкостями, насосами для подачи жидкости по шлангам к щелевым распылителям, установкой на краях штанги пневмогидравлических распылителей жидкости. Распылители рабочей жидкости обеспечивают ширину опрыскивания более 4 м с учетом размеров очагов, а также опрыскивание недоступных участков традиционными техническими средствами. Эффективность разработанного комбинированного защитного опрыскивания сельскохозяйственных культур от многолетних сорняков и вредителей техническим средством его осуществления заключается в экономии дорогостоящих гербицидов и инсектицидов до 70% в более поздние сроки их вегетации (при их разрастании по площади поля) по сравнению с вынужденным сплошном внесении гербицида по всей площади поля.

Ключевые слова: метод; опрыскиватель; распылитель; вентилятор; многолетние сорняки; вредители; гербициды; инсектициды; фунгициды; техническое средство.

Как цитировать:

Киреев И.М., Данилов М.В., Коваль З.М., Марченко В.О., Зимин Ф.А. Средство уничтожения очагов многолетних корнеотпрысковых сорняков с вредителями и болезнями в них // Тракторы и сельхозмашины. 2024. Т. 91, № 4. С. 400–411. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-625923>

Рукопись получена: 23.01.2024

Рукопись одобрена: 15.08.2024

Опубликована online: 31.08.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-625923>

Original Study Article

A means of destroying sites of perennial root shoot weeds with pests and diseases in them

Ivan M. Kireev¹, Mikhail V. Danilov², Zinaida M. Koval¹, Vyacheslav O. Marchenko¹, Filipp A. Zimin¹

¹ Russian Research Institute of Information and Technical and Economic Studies on Engineering and Technical Provision of Agro-Industrial Complex, Pravdinsky, Moscow Region, Russian Federation;

² Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: The subject of the study is the technological process of protective spraying of agricultural crops using a combined method against perennial weeds in sites in the field using two pneumohydraulic devices with slot atomizers as part of an improved small-sized boom sprayer.

AIM: Development of a technical mean for exterminating sites of perennial root shoot weeds with pests and diseases in them.

METHODS: The developed pneumohydraulic devices were used for an improved mounted boom sprayer of plants to treat sites of perennial weeds in the field. Chemical spraying with combined use of the traditional method and the developed pneumohydraulic devices with axial fans and 12 V electric motors, ensuring the distribution of droplet liquid on the treatment surface with two sprayers over 4 meters, is able to reduce the amount of the applied chemicals compared to the conventional technology and to reduce the pesticide load on crop plants by local destruction of sites of weeds, pests and diseases. Based on the developed methods, the results of spraying the surface with a drop liquid with a known dispersion using slot sprayers and controlled liquid pressures with a dial gauge during experiments were obtained.

SCIENTIFIC NOVELTY: For the first time, a combined method and technical mean of achieving the research aim have been proposed for the destruction of sites of perennial weeds in the field and the diseases and pests of agricultural crops spread in them.

RESULTS: When using a mounted sprayer with two containers for working fluids of combined herbicide solutions or for an insecticide solution in one of the containers and installation of the improved pneumohydraulic devices on the edges of the boom with a conventional arrangement of slot atomizers, it is possible to meet agrotechnical requirements for the use of herbicides, insecticides and fungicides. The simultaneous impact of large drops of herbicides on weeds and the penetration of small drops into plants will destroy sites of rhizome and root weeds with pests and diseases to ensure favorable conditions for the production of agricultural crops.

CONCLUSION: A combined method and the technical mean of chemical treatment of perennial weeds with pests and diseases to create favorable conditions for the production of cultivated plants has been experimentally substantiated. Compliance with the conditions is ensured by equipping the mounted sprayer with two containers, pumps for supplying liquid through hoses to slot atomizers, and installing pneumohydraulic liquid nozzles at the edges of the boom. Working liquid sprayers ensure spraying width of more than 4 m, taking into account the size of a site, as well as spraying inaccessible areas using conventional technical means. The efficiency of the developed combined protective spraying of agricultural crops against perennial weeds and pests by the technical mean of its implementation lies in the savings of expensive herbicides and insecticides up to 70% in the later stages of their growing season (as they grow over the field area) compared to the forced continuous application of the herbicide over the entire field area.

Keywords: method; sprayer; atomizer; fan; perennial weeds; pests; sites herbicides; insecticides; fungicides; technical means.

To cite this article:

Kireev IM, Danilov MV, Koval ZM, Marchenko VO, Zimin FA. A means of destroying sites of perennial root shoot weeds with pests and diseases in them. *Tractors and Agricultural Machinery*. 2024;91(4):400–411. DOI: <https://doi.org/10.17816/0321-4443-625923>

Received: 23.01.2024

Accepted: 15.08.2024

Published online: 31.08.2024

ВВЕДЕНИЕ

Важным решением научно-технической и технологической задачи является уничтожение многолетних сорных растений в очагах на поле, образующих обильно ветвящиеся корневища и корни [1]. Сорняки требуют много почвенной влаги, позволяющей конкурировать в развитии с культурными растениями [2]. При этом около 20–50% питательных веществ используется сорняками [3]. Создавая себе благоприятные условия для развития сорняки снижают урожайность до 20–25%. Очаги сорняков являются резервуарами вредителей и болезней [3]. Трудноискоренимыми являются корнеотпрысковые многолетние сорняки (осот, вьюнок полевой, пырей, амброзия, лебеда и др.) [4]. При уничтожении тем или иным способом их надземной части, они способны через небольшое время отрастать и конкурировать с культурными растениями. При почвообработках разрезаемые фрагменты корней разносятся по поверхности поля и там, где есть 1–2 почки наблюдается их прорастание. За вегетационный период такое растение развивает корни до 3 м, а на следующий год в этом месте уже образуется очаг из нескольких рассредоточенных побегов [2]. Как правило, рассадниками этих постоянно вегетирующих сорняков являются места у столбов и опор электропередач, краин полей и посадок, валунов, невспаханной почвы, обочин, на межах, канавах, вдоль полевых шоссе и железнодорожных дорог около скирд, заборов, сараев и других построек [3].

Отсюда с помощью ветра разносятся созревшие семена, которые затем прорастают на полях.

Особо вредоносными, злостными и трудно искоренимыми с сильно выраженной способностью к вегетативному размножению являются корнеотпрысковые сорняки с размерами очагов 2–3 м и более, которые засоряют поле до 5%, от 5 до 25% и свыше 25%.

В борьбе с сорняками применяются различные методы: биологические, агротехнические и химические [4]. Около 85% сорняков уничтожается агротехническими приёмами и уходом за посевами, а 15% (примерно 150 сорняков на 1 м²) уничтожаются химическими средствами защиты растений, основным методом защиты растений при уничтожении сорняков и вредителей. [4]. Химическим методом опрыскивания растений применяются гербициды, фунгициды, инсектициды [4]. Борьба с корнеотпрысковыми многолетними сорняками осложнена тем, что используемый балльной оценкой [6] порог вредоносности установлен, например, в количестве 1 сорняк на 1 м² [7]. Но до достижения данного показателя происходит интенсивное укоренение и разрастание сорняков, что требует в дальнейшем дополнительную и затратную сплошную обработку поля гербицидом. При сплошной обработке поля с очагами многолетних сорняков традиционными средствами опрыскивания [8] крупными каплями раствора гербицида не в полной мере обеспечивается уничтожение вредителей и болезней. Для решения указанной специальной

проблемы требуется применение инсектицидов с мелкими каплями, проникающими во внутрь растений, которые не применяются из-за сноса их в окружающую среду. Поэтому наиболее рационально проводить комбинированную обработку непосредственно очагов многолетних сорняков с вредителями и болезнями в них [9]. Однако, технических средств для такого выборочного опрыскивания до настоящего времени нет. В то же время об их необходимости отмечено в одной из публикаций учёных-специалистов по защите растений [10].

Цель исследований — разработка технического средства уничтожения очагов многолетних корнеотпрысковых сорняков с вредителями и болезнями в них.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Злостные сорняки на полях сельскохозяйственных угодий [3] встречаются в небольших количествах равномерно по всему засоряемому ими участку или отдельными очагами, быстро размножаются и тогда становятся большим бедствием. Например, амброзия многолетняя, размножаясь корневыми отпрысками, образует плотные *очаги* (рис. 1) [5].

Такие сорняки распространяются в основном корневой порослью и отрезками корней. Корни амброзии многолетней устойчивы к низким температурам и даже в самые суровые зимы не вымерзают. При сильном засорении посевов амброзией многолетней урожайность культур резко снижается. *Очаги* быстро разрастаются и формируют сплошные заросли (см. рис. 1). Из одного растения в течение 3–5 лет на этом месте неизбежно возникнет *очаг* площадью не менее 150 м². Очаги многолетников занимают свыше 25 % площади поля.

Значительная часть сорных растений созревает раньше, чем культурные растения. Многолетние растения осот розовый и бодяк полевой, корни которых за год растут от основания до 1 или 1,5 м по радиусу. От клубней и луковиц сорняки распространяются медленнее. Вегетативное размножение таких растений происходит преимущественно подземным путём. Такой зачаток создаёт во времени очаг, развивающийся с менее значительной скоростью, чем осот и бодяк.

Очаги осотов, молокана, латука, и др. сорная трава с летучками растёт не всегда там, где упали их переносимые ветром семянки. Указанные сорняки весьма густо произрастают, образуя огромные очаги сорной растительности на всевозможных опушках, на которых создаются наиболее благоприятные условия для семян по их осажению и прорастанию всходов. Они ежегодно растут, образуя первичные очаги, которые разрастаясь увеличиваются в размерах. Например, борщевик и пастернак (рис. 2) — семена с крылатками, легко переносимые воздухом на небольшие расстояния на посевах и на опушках, чем семенные зачатки с летучками.



Рис. 1. Очаг из сплошных зарослей амброзии: *a* — засорённость окраины поля амброзией полыннолистной; *b* — засорённость посевов сои амброзией полыннолистной.

Fig. 1. A site of continuous thickets of ragweed: *a* — infestation of the field's edge with ragweed; *b* — infestation of soybean crops with ragweed.



Рис. 2. Основные виды сорняков с крылатками: *a* — общий вид взрослого растения борщевик; *b* — пастернак дикий; *c* — овсюг обыкновенный.

Fig. 2. Main types weeds with lionfishes: *a* — general view of a grown cow parsnip; *b* — meadow parsnip; *c* — oat grass.

Очаг живучего овсюга очистить очень сложно. У овсюга трёхъярусная метёлка, поэтому семена созревают растянуто. Когда первый ярус овсюга уже осыпался, последний только начинает поспевать. Такая особенность не позволяет уничтожить сорняк методом покоса. Любая обработка почвы идёт только на пользу сорняку, так как помогает семенам распространиться по большой площади. Вред от сорняка обусловлен тем, что он растёт быстрее культурных растений.

Самый злостный многолетний корнеотпрысковый сорняк вьюнок полевой (берёзка) со стелющимися стеблями, каждый из которых достигает длины до 170 см и беловато-розовыми крупными цветами (рис. 3).

Одно растение образует до 9–8 тыс. шт. крупных черных семян, которые из-за водонепроницаемой оболочки долго сохраняются и прорастают растянуто. Семена сохраняют всхожесть 50 лет. Прорастают при температуре 18–24°C с глубины 10–15 см. Растения имеют главный корень, уходящий в почву на глубину 3–4 м. Боковые ответвления отходят от главного на глубину 25–40 см. На небольшом расстоянии от материнского растения корневые ответвления поднимаются вверх и резко изгибаются вниз. На месте изгиба появляются новые почки, способные



Рис. 3. Очаг сорного растения вьюнок полевой по посевам кукурузы.

Fig. 3. The site of the bindweed (weed plant) in corn crops.

образовывать новые побеги. Отрезки корней приживаются плохо, но подрезанные корни дают очень много побегов, обвивая и перепутывая стебли культурных растений, вьюнок полевой вызывает их полегание и гибель. Сорняк широко распространён по всему югу.

К стержнекорневым и мочковатокорневым сорнякам относятся: полынь горькая, одуванчик обыкновенный, щавель конский, короставник, цикорий обыкновенный, щавель курчавый, подорожник ланцетолистный, подорожник большой, лютик едкий и др. (рис. 4).

Для реализации поставленной цели применялся модернизированный малогабаритный штанговый опрыскиватель со специальной комплектацией, схема которого, представлена на рис. 5. Опрыскивание сорняков в очагах на поле, около опор электропередач, валунов, обочин

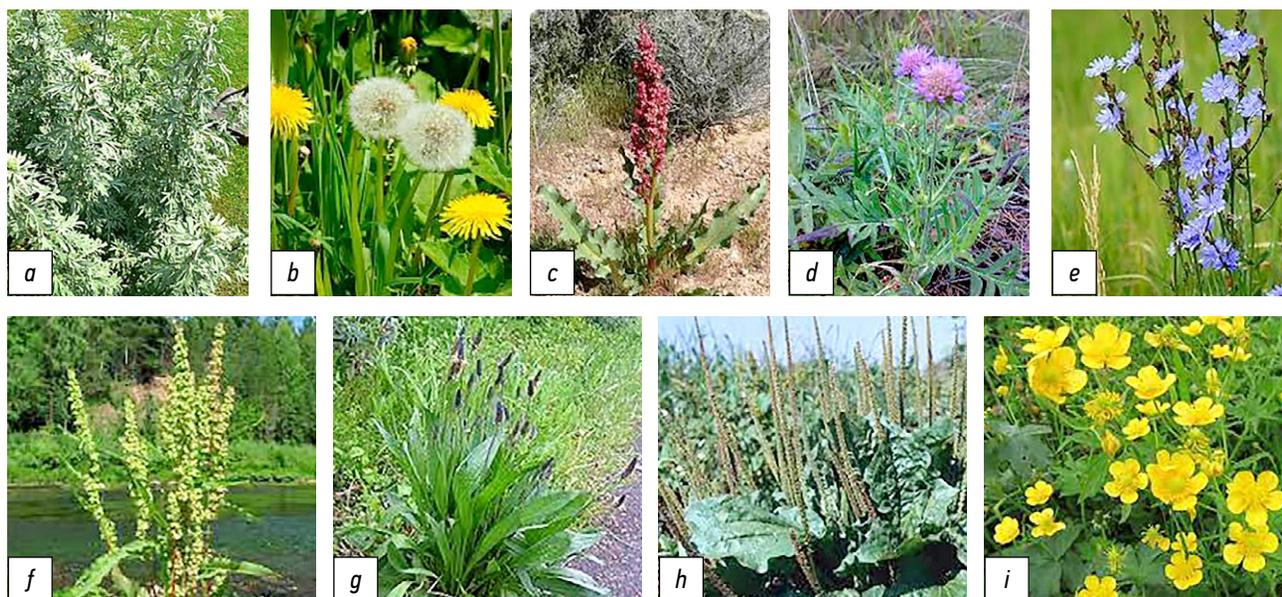


Рис. 4. Стержнекорневые и мочковатокорневые виды сорняков: *a* — общий вид взрослого растения полыни горькой; *b* — общий вид одуванчика обыкновенного; *c* — щавель конский; *d* — короставник полевой; *e* — цикорий обыкновенный; *f* — щавель курчавый; *g* — подорожник ланцетолистный; *h* — подорожник большой; *i* — лютик едкий.

Fig. 4. Taproot and fibrous root weed species: *a* — general view of an adult plant of bitter wormwood; *b* — general view of common dandelion; *c* — horse sorrel; *d* — field scabious; *e* — wit-loof chicory; *f* — curly sorrel; *g* — lanceolate plantain; *h* — large plantain; *i* — acrid buttercup.

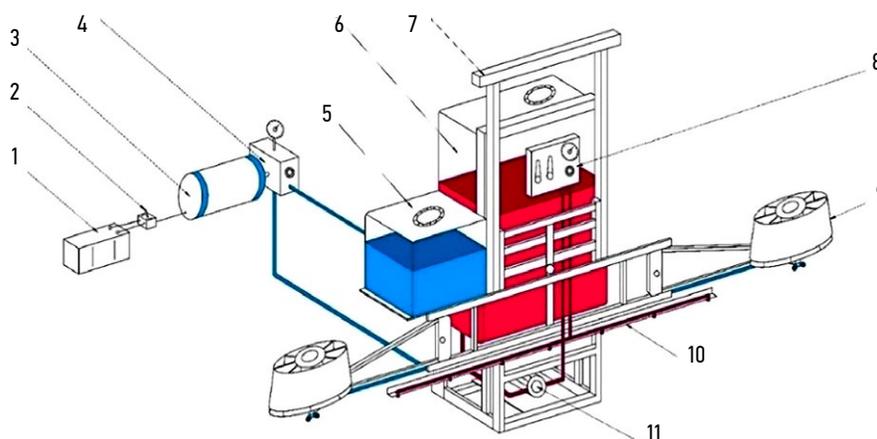


Рис. 5. Схема модернизированного малогабаритного опрыскивателя: 1 — аккумулятор 12 вольт; 2 — тумблер включения насоса и пневмогидравлических устройств; 3 — насос для подачи раствора гербицида к пневмогидравлическим устройствам; 4 — регулятор давления с манометром в системе с пневмогидравлическими устройствами; 5 — ёмкость с раствором гербицида для пневмогидравлических устройств; 6 — ёмкость с рабочей жидкостью для традиционных распылителей; 7 — навесной опрыскиватель; 8 — регулятор давления с манометром для традиционных распылителей; 9 — пневмогидравлические устройства; 10 — штанга опрыскивателя с распылителями; 11 — насос для подачи рабочей жидкости к традиционным распылителям на штанге.

Fig. 5. Diagram of a modernized small-sized sprayer: 1 — a 12V battery; 2 — a switch of a pump and pneumohydraulic devices; 3 — the pump of supply of a herbicide solution to the pneumohydraulic devices; 4 — a pressure adjuster with a pressure gauge in an assembly with the pneumohydraulic devices; 5 — a container with the herbicide solution for the pneumohydraulic devices; 6 — a container with the working solution for the conventional atomizers; 7 — a mounted sprayer; 8 — a pressure adjuster with a pressure gauge for the conventional atomizers; 9 — the pneumohydraulic devices; 10 — a sprayer boom with atomizers; 11 — the pump of supply of a working liquid to conventional atomizers at the boom.

и недоступных, традиционными штанговыми опрыскивателями объектов, может проводиться применением пневмогидравлических устройств в опрыскивателе. Общий вид конструкции пневмогидравлического устройства приведён на рис. 6 (виды *a–d*).

Технологический процесс нанесения растворов пестицидов на объекты обработки пневмогидравлическим устройством растворов пестицидов осуществляется следующим образом. Приводится в действие осевой вентилятор 2 с электрическим приводом и создаваемый воздушный поток поступает в патрубок воздуховода 1 в виде конусообразного диффузора, в котором конусообразным рассекателем 4 распределяется по сечению плоского сопла. При выходе из сопла воздушный поток взаимодействует с факелами распыляемой жидкости щелевыми распылителями 5. Подача жидкости к щелевым распылителям с углами факелов раскрытия 100° осуществляется насосом по магистралям. Устройство обеспечивает создание наклонной к горизонту плоской воздушно-капельной системы.

Общий вид двух пневмогидравлических устройств составе малогабаритного штангового опрыскивателя, предложенный для исследований комбинированного метода защитного опрыскивания сельскохозяйственных культур приведён на рис. 7.

Для оценки качества распыления капельной жидкости пневмогидравлическим устройством использовалась лабораторная установка, общий вид которой приведён на рис. 8.

При проведении опытов по распылению капельной жидкости пневмогидравлическим устройством от электросети 220V подключался преобразователь напряжения 12V с разъёмами и тумблерами 3 и 4 (см. рис. 8)

для подключения электродвигателя осевого вентилятора, а также насоса 12V для подачи жидкости (воды) из ёмкости по шлангам к щелевым распылителям.

Расход жидкости через щелевые распылители контролировался по показанию давления на манометре (рис. 9), которое устанавливалось регулятором на насосе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

Работа распылителей пневмогидравлического устройства показана фрагментом на рис. 10.

Режимы работы щелевых распылителей проводились с учетом данных, приведенных в каталогах (рис. 11) [12].

Из данных, представленных на рис. 11, следует, что наиболее рациональным для практического применения в пневмогидравлическом устройстве средних капель, создаваемых щелевым распылителем типа DG9502E при давлениях рабочей жидкости от 2 до 4 Бар.

Полученные в результате лабораторных исследований [13] данные о ширине осажденной капельной жидкости техническим пневмогидравлическим устройством со щелевыми распылителями GEO line RS-110°-02, жёлтого кода цвета, представлены в табл. 1.

Таким образом, начальные условия взаимодействия воздушного потока, выходящего из плоского сопла устройства в форме сектора, с каплями плоских факелов распыла жидкости двумя щелевыми распылителями формируют ширину опрыскивания объектов назначения, которая при проведении опытов превышала 4 м.

Проверка комбинированного метода защитного опрыскивания объектов назначения с применением двух пневмогидравлических устройств 2 (см. рис. 7), проводились

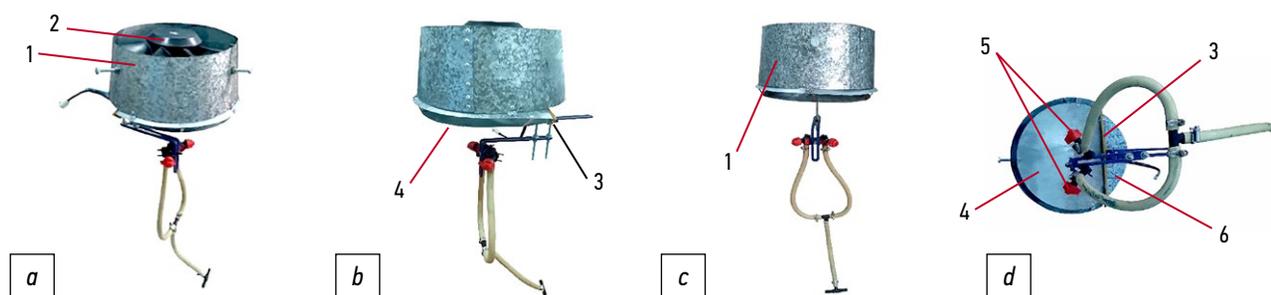


Рис. 6. Пневмогидравлическое устройство для распыления жидкости, и транспортирования капель к объектам назначения: 1 — патрубок воздуховода в виде конусообразного диффузора; 2 — осевой вентилятор с электрическим приводом 12V, частотой вращения, 2600 мин^{-1} для создания воздушного потока на выходе из плоского сопла устройства и транспортирования капель распыляемой щелевыми распылителями жидкости к объектам назначения; 3 — секущая плоскость, 4 — конусообразный рассекатель воздушного потока; 5 — два щелевых распылителя жидкости с углами факелов раскрытия 100° , установленных таким образом, что капли факела распыла жидкости внедряются в воздушный поток, выходящий из сопла устройства в форме сектора, а угол между осями сопел распылителей составляет 80° ; 6 — заслонка.

Fig. 6. The pneumohydraulic device for spraying liquid and transporting droplets to targets: 1 — an air feed pipe in the shape of a cone-type diffuser; 2 — an electrically-driven axial fan with voltage of 12 V and rotation velocity of 2600 RPM for generating the airflow at the outlet of a flat nozzle of the device and for transporting droplets of the liquid sprayed with the slot atomizers to the targets; 3 — a cutting plane; 4 — a cone-type air flow splitter; 5 — two slot atomizers of fluid with the spray angle of 100° located in a manner that the liquid droplets invade into the air flow from the cone-type nozzle, and the angle between nozzles' axes is 80° ; 6 — a flow gate.



Рис. 7. Общий вид двух пневмогидравлических устройств в составе малогабаритного штангового опрыскивателя: 1 — малогабаритный штанговый опрыскиватель [11]; 2 — пневмогидравлическое устройство.

Fig. 7. General view of two pneumohydraulic devices as part of a small-sized boom sprayer: 1 — a small-sized boom sprayer [11]; 2 — a pneumohydraulic device.

в составе малогабаритного опрыскивателя. Для проведения опытов по оценке возможности ширины распыления капельной жидкости двумя пневмогидравлическими устройствами в составе малогабаритного опрыскивателя использовались сопла марки GEO line RS-110° (производитель Италия), тип-02, код цвета — жёлтый. Принудительное осаждение капельной жидкости на объекте обработки из создаваемого пневмогидравлическими устройствами воздушно-капельного потока иллюстрируется на рис. 12.

Смоченная капельной жидкостью поверхность (см. рис. 12) в продольном направлении по результатам измерения рулеткой составляет в среднем 76 см. Значение полуширины смоченной поверхности $\delta_{тр}$ обеспечиваемой



Рис. 8. Общий вид лабораторной установки для определения ширины распыления капельной жидкости пневмогидравлическим устройством при исследовании комбинированного метода защитного опрыскивания сельскохозяйственных культур: 1 — преобразователь напряжения 12 В; 2 — насос 12 В для подачи жидкости (воды) из емкости по шлангам к щелевым распылителям; 3, 4 — разъемы и переключатели.

Fig. 8. General view of the laboratory setup for determining the spraying width of a droplet liquid using the pneumohydraulic device when studying a combined method of protective spraying of agricultural crops: 1 — 12 V voltage converter; 2 — 12 V pump for supplying liquid (water) from the container through hoses to slot sprayers; 3, 4 — connectors and switches.

закономерным осаждением капель на поверхность пневмогидравлическим устройством, определяется также расчётом по формуле [14]:

$$\delta_{тр} = \left(2,4 \frac{a \cdot x}{\delta_0} + 1 \right) \delta_0, \quad (1)$$

где $a \approx 0,09 - 0,12$; $\delta_0 = 0,015$ м — полуширина плоского сопла пневмогидравлического устройства; $x = 0,64/\text{tg } 25^\circ =$



Рис. 9. Общий вид манометра в составе электродвигателя для контроля расхода жидкости через щелевые распылители.

Fig. 9. General view of the pressure gauge as part of the electric motor for monitoring liquid flow through the slot nozzles.



Рис. 10. Фрагмент видеосъёмки работы распылителей устройства.

Fig. 10. Fragment of video recording of the operation of the device's nozzles.

Таблица 1. Результаты лабораторных исследований пневмогидравлического устройства со щелевыми распылителями GEO line RS-110°-02, жёлтого кода цвета

Table 1. Results of the laboratory study of the pneumohydraulic device with the GEO line RS-110°-02 slot atomizers (color code — yellow)

Наименование показателя	Значение показателя								
	Опыт 1			Опыт 2			Опыт 3		
	Повторность			Повторность			Повторность		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Марка сопла, код цвета, тип сопла	GEO line RS-110°-02. жёлтый			GEO line RS-110°-02. жёлтый			GEO line RS-110°-02. жёлтый		
Рекомендуемое давление, МПа	От 0,2 до 0,4 (от 2 до 4)			От 0,2 до 0,4 (от 2 до 4)			От 0,2 до 0,4 (от 2 до 4)		
Давление по показаниям манометра, МПа	0,3 (3,0)	0,35 (3,5)	0,4 (4,0)	0,3 (3,0)	0,35 (3,5)	0,4 (4,0)	0,3 (3,0)	0,35 (3,5)	0,4 (4,0)
Расход жидкости через сопло распылителя, дм ³ /мин.	(1,58)	(1,70)	(1,82)	(1,58)	(1,70)	(1,82)	(1,58)	(1,70)	(1,82)
Ширина осаждённой капельной жидкости, м	3,85	4,0	4,3	3,9	4,1	4,35	3,85	4,0	4,3

	бар				
	2	2,5	3	3,5	4
DG95015E	М	М	F	F	F
DG9502E	М	М	М	М	М
DG9503E	С	М	М	М	М
DG9504E	С	С	М	М	М
DG9505E	С	С	С	М	М

F
 М
 С
 Мелкие Средние Крупные

Рис. 11. Характеристика размеров капель по данным каталога [12].

Fig. 11. Characteristics of droplet sizes according to the catalogue data [12].



Рис. 12. Фрагмент работы пневмогидравлических устройств в составе малогабаритного опрыскивателя.

Fig. 12. Fragment of the pneumohydraulic devices as part of a small-sized sprayer.

= 1,517 м — расстояние от сопла устройства до смоченной поверхности.

При высоте устройства 0,64 м над поверхностью полуширина смоченной поверхности в продольном направлении равна $\delta_{гр} = 0,38$, что свидетельствует об эффективности закономерного принудительного нанесения капельной жидкости пневмогидравлическими устройствами по назначению и достоверности процесса работы устройств с выбранным распылителем жидкости.

Распределение жидкости на плоской поверхности по ширине её опрыскивания воздушно-капельной системой с высоты 64 см превышает 8 м (рис. 13).

Такое принудительное осаждение капельной жидкости соплом жёлтого кода цвета (типа -02) в пневмогидравлическом устройстве при его распылении давлением 0,4 МПа и высотах расположения над объектами обработки 0,6 и 0,7 м, средними медианно-массовыми диаметрами мелких и средних капель, равными 82,0 и 73,1 мкм соответственно составляет их количественную долю на объектах назначения (учётных карточках) 68,9 и 82,8% соответственно [15], подтверждённое экспериментальными данными, что невозможно при традиционном методе защитного опрыскивания.

Полученные в результате лабораторных исследований данные осаждённой капельной жидкости двумя техническими пневмогидравлическими устройствами в составе малогабаритного штангового опрыскивателя при исследовании комбинированного метода защитного опрыскивания сельскохозяйственных культур представлены в табл. 2.

В табл. 3 приведены сравнительные показатели по расходу рабочей жидкости, применяемому при традиционном и предлагаемом методе защитного опрыскивания с размерами очагов сорных растений от 3 м и более при возделывании полевых культур

Таблица 2. Результаты лабораторных исследований о ширине осаждённой капельной жидкости двумя техническими пневмогидравлическими устройствами в составе малогабаритного штангового опрыскивателя при исследовании комбинированного метода защитного опрыскивания сельскохозяйственных культур

Table 2. Results of the laboratory studies of width of precipitable dripping liquid made with two technical pneumohydraulic devices as part of the small-sized boom sprayer when studying the combined method of protective spraying of crops

Наименование показателя	Значение показателя											
	Пневмогидравлическое устройство 1						Пневмогидравлическое устройство 2					
	Опыт 1		Опыт 2		Опыт 3		Опыт 1		Опыт 2		Опыт 3	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Марка сопла, код цвета, тип сопла	GEO line RS-110°-02. жёлтый											
Рекомендуемое давление, МПа	От 0,2 до 0,4											
Давление по показаниям манометра, МПа	0,2 (2,0)	0,3 (3,0)	0,4 (4,0)	0,2 (2,0)	0,3 (3,0)	0,4 (4,0)	0,2 (2,0)	0,3 (3,0)	0,4 (4,0)	0,2 (2,0)	0,3 (3,0)	0,4 (4,0)
Расход жидкости через сопло распылителя, дм ³ /мин	1,3	1,58	1,82	1,3	1,58	1,82	1,3	1,58	1,82	1,3	1,58	1,82
Ширина осаждённой капельной жидкости пневмогидравлическим устройством при исследовании комбинированного метода защитного опрыскивания сельскохозяйственных культур, м	4,22	4,36	4,62	4,24	4,38	4,62	4,26	4,34	4,64	4,22	4,36	4,62

Расход рабочей жидкости (см. табл. 3) при применении предлагаемого метода уменьшается в зависимости от засорённости поля многолетними сорняками при 5% с использованием фунгицидов, инсектицидов и гербицидов от 11,25 до 7,5 дм³/га, а при 25% — от 56,25 до 37,5 дм³/га соответственно.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведённых исследований разработан макетный образец технического средства с пневмогидравлическими устройствами со щелевыми распылителями жидкости для уничтожения очагов многолетних корнеотпрысковых сорняков с вредителями и болезнями в них химическим методом защитного опрыскивания культурных растений.
2. Опрыскивание комбинированным методом очагов с многолетними корнеотпрысковыми сорняками по сравнению со сплошной обработкой растений традиционным химическим методом опрыскиванием обуславливает рациональное использование пестицидов, ресурсосбережение и экологию.



Рис. 13. Фрагмент определения ширины опрыскивания опрыскивателем с двумя пневмогидравлическими распылителями.
Fig. 13. Fragment of measuring the spraying width of the sprayer with two pneumohydraulic nozzles.

Таблица 3. Сравнительные показатели по расходу рабочей жидкости, применяемому при традиционном и предлагаемом методе защитного опрыскивания с размерами очагов сорных растений от 3 м и более при возделывании полевых культур

Table 3. Comparative indicators of working liquid flow rate for the conventional and the proposed methods of protective spraying with the size of weeds sites more than 3 m and for cultivation

Наименование показателя	Значение показателя		
	Традиционный метод	Предлагаемый метод	
Засоренность поля корнеотпрысковыми сорняками с размерами куртин от 3 м и более, %	100	5	25
Площадь поля 1 га (одного очага при среднем его диаметре 3 м), м ²	100x100	(7,07)	
Расход рабочей жидкости, дм ³ /га, для применения:			
– гербицидов	от 100 до 200	7,5	37,5
– фунгицидов	от 150 до 300	11,25	56,25
– инсектицидов	от 150 до 250	10,0	50,0

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. И.М. Киреев — поиск публикаций по теме статьи, написание текста рукописи, экспертная оценка, утверждение финальной версии; З.М. Коваль — написание текста рукописи, редактирование текста рукописи; В.О. Марченко — создание изображений; Ф.А. Зимин — создание изображений; М.В. Данилов — поиск публикаций и проведение лабораторных опытов по теме статьи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям *ICMJE* (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Научное исследование проведено в соответствии с научно-тематическим планом Минсельхоза России № 082-00204-23-00 за счет средств федерального бюджета.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. I.M. Kireev — search for publications on the topic of the article, writing the text of the manuscript, expert opinion, approval of the final version; Z.M. Koval — writing the text of the manuscript, editing the text of the manuscript; V.O. Marchenko — creating images; F.A. Zimin — creating images; M.V. Danilov — search for publications and laboratory experiments on the topic of the article. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Funding source. The scientific study was carried out in accordance with the scientific and thematic plan of the Ministry of Agriculture of Russia No 082-00204-23-00 at the expense of the federal budget.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы. М.: Минобрнауки, 2017. Дата обращения: 23.01.2024. Режим доступа: <https://minobrnauki.gov.ru/about/deps/dkdovssn/federalnaya-nauchno-tekhnicheskaya-programma-razvitiya-selskogo-khozyaystva-na-2017-2025-gody/>
2. Турин Е.Н. Борьба с многолетними сорняками // Эффективный АПК. 2021. № 4 (6). С. 23.
3. Никитин В.В. Сорные растения флоры СССР. Ленинград.: Наука, 2003.
4. Витязев В.Г., Лебедева Г.Ф., Макаров И.Б., Самсонова В.П. Раздел. Химические меры борьбы с сорняками. В кн.:

Практикум по общему земледелию. М.: МГУ, 2000. С. 34–82.

5. Киреев И.М., Коваль З.М., Зимин Ф.А. Обоснование необходимости дополнительного воздействия на очаги многолетних сорняков при опрыскивании от вредителей посевов // Техника и оборудование для села. 2023. № 11 (317). С. 14–17. doi: 10.33267/2072-9642-2023-11-14-17 EDN: PPAVUV
6. Киреев И.М., Коваль З.М. Очаги многолетних сорняков при возделывании кукурузы и борьба с ними. В кн.: Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК. Материалы XV Международной научно-практической конференции. М.: Росинформагротех, 2023. С. 186–197. EDN: DKHUNE.

7. Захаренко В.А. Химическая защита растений в России в конце XX — начале XXI века. Цифры и факты // Защита и карантин растений. 2008. №8. С. 47–50.
8. Киреев, И.М., Коваль, З.М., Данилов М.В. Краевая обработка поля и полезащитных лесных насаждений от сорняков и вредителей // Агрохимия. 2023. № 7. С. 64–74. doi: 10.31857/S0002188123070062 EDN: OFUIHS
9. Петухов Д.А., Свиридова С.А., Негреба О.Н. Результаты исследований инновационных технологий борьбы с сорняками на посевах кукурузы на зерно // Техника и оборуд. для села. 2018. № 7. С. 22–26. EDN: XUAUS
10. Ревякин Е.Л., Краховецкий Н.Н. Машины для химической защиты растений в инновационных технологиях: науч. анализ. обзор. Москва: Росинформагротех, 2010.
11. Киреев И.М., Данилов М.В., Коваль З.М., Зимин Ф.А. Аэрозольный технологический процесс краевой

- обработки поля для уничтожения сорняков и вредителей // Тракторы и сельхозмашины. 2023. Т. 90, № 3. С. 273–284. doi: 10.17816/0321-4443-321236 EDN: NSKMRF
12. Каталог TeeJet Technologies 50A-RU. TeeJet Technologies [internet]. Дата обращения: 23.01.2024. Режим доступа: https://www.teejet.com/ru-ru/-/media/dam/agricultural/europe/sales-material/catalog/cat51a_ru.pdf
13. ГОСТ 34630-2019. Техника сельскохозяйственная. Машины для защиты растений. Опрыскиватели. Методы испытаний. Введ. 2021–15–03. Москва.: Стандартиформ, 2020.
14. Альтшуль А.Д., Киселёв П.Г. Гидравлика и аэродинамика (Основы механики жидкости). М.: Стройиздат, 1975.
15. Коваль З.М. Совершенствование технологии и технических средств защитного опрыскивания сельскохозяйственных культур: дисс. ... д-р техн. наук. Симферополь, 2022. EDN: VYQNX

REFERENCES

1. *Federal scientific and technical program for the development of agriculture for 2017–2025*. Moscow: Minobrnauki, 2017. (In Russ.) Accessed: 23.01.2024. Available from: <https://minobrnauki.gov.ru/about/deps/dkdvssn/federalnaya-nauchno-tekhnicheskaya-programma-razvitiya-selskogo-khozyaystva-na-2017-2025-gody/>
2. Turin EN. Control of perennial weeds. *Effective agro-industrial complex*. 2021;4(6):23. (In Russ.)
3. Nikitin VV. *Weeds of the flora of the USSR*. Leningrad: Nauka; 2003. (In Russ.)
4. Vityazev VG, Lebedeva GF, Makarov IB, Samsonova VP. Section. Chemical measures for weed control. In: *Workshop on general agriculture*. Moscow: MGU; 2000:34–82. (In Russ.)
5. Kireev IM, Koval ZM, Zimin FA. Justification of the need for additional impact on the foci of perennial weeds when spraying against crop pests. *Equipment and equipment for the village*. 2023. No. 11 (317). pp. 14–17. (In Russ.)
6. Kireev IM, Koval ZM. Pockets of perennial weeds during the cultivation of corn and their control. In: *Scientific and information support for innovative development of the agro-industrial complex. Materials of the XV International Scientific and Practical Conference*. Moscow: Rosinformagrotekh; 2023:186–197. EDN: DKHUNE (In Russ.)
7. Zakharenko VA. Chemical plant protection in Russia at the end of the 20th — beginning of the 21st century. Figures and facts. *Protection and quarantine of plants*. 2008;8:47–50. (In Russ.)
8. Kireev IM, Koval ZM, Danilov MV. Edge treatment of fields and shelter forest plantings from weeds and pests. *Agrochemistry*. 2023;7:64–74. (In Russ.) doi: 10.31857/S0002188123070062 EDN: OFUIHS
9. Petukhov DA, Sviridova SA, Negreba ON. Results of research into innovative technologies for weed control in corn crops for grain. *Equipment and equipment for the village*. 2018;7:22–26. (In Russ.)
10. Revyakin EL, Krakhovetsky NN. Machines for chemical plant protection in innovative technologies: scientific. analyte review. M.: Rosinformagrotekh; 2010. (In Russ.)
11. Kireev IM, Danilov MV, Koval ZM, Zimin FA. Aerosol technological process of field edge cultivation for the destruction of weeds and pests. *Tractors and agricultural machines*. 2023;90(3):273–284. doi: 10.17816/0321-4443-321236 (In Russ.)
12. Каталог TeeJet Technologies 50A-RU. TeeJet Technologies [internet]. Accessed: 23.01.2024. Available from: https://www.teejet.com/ru-ru/-/media/dam/agricultural/europe/sales-material/catalog/cat51a_ru.pdf
13. GOST 34630-2019. Agricultural machinery. Plant protection machines. Sprayers. Test methods. — Enter. 2021–15–03. Moscow.: Standardinform; 2020. (In Russ.)
14. Altshul AD, Kiselev PG. Hydraulics and aerodynamics (Fundamentals of fluid mechanics). Moscow: Stroyizdat; 1975. (In Russ.)
15. Koval ZM. Improving technology and technical means of protective spraying of agricultural crops [dissertation] Simferopol; 2022. (In Russ.) EDN: VYQNX

ОБ АВТОРАХ

* **Коваль Зинаида Михайловна**,
канд. техн. наук,
главный научный сотрудник лаборатории разработки
испытательного оборудования;
адрес: Российская Федерация, Краснодарский край, 352243,
Новокубанск, ул. Красная, д. 15;
ORCID: 0000-0002-5214-2110;
eLibrary SPIN: 1378-2953;
e-mail: zinakoval@mail.ru

AUTHORS' INFO

* **Zinaida M. Koval**,
Cand. Sci. (Engineering),
Chief Scientist of the Laboratory
for Test Equipment;
address: 15 Krasnaya street, 352243 Novokubansk,
Krasnodar Region, Russian Federation;
ORCID: 0000-0002-5214-2110;
eLibrary SPIN: 1378-2953;
e-mail: zinakoval@mail.ru

Киреев Иван Михайлович,

д-р техн. наук,
ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией
разработки испытательного оборудования;
ORCID: 0000-0003-0723-4515;
eLibrary SPIN: 4348-1536;
e-mail: kireev.i.m.47@gmail.com

Данилов Михаил Владимирович,

канд. техн. наук,
заведующий кафедрой процессов и машин в агробизнесе;
ORCID: 0000-0002-8369-3329;
eLibrary SPIN: 5193-0379;
e-mail: danilomaster80@mail.ru

Марченко Вячеслав Олегович,

ведущий инженер лаборатории стандартизации;
ORCID: 0009-0006-2041-9628;
eLibrary SPIN: 9947-9853;
e-mail: gost302@yandex.ru

Зимин Филипп Александрович,

инженер лаборатории разработки испытательного
оборудования;
ORCID: 0000-0001-6655-3976;
eLibrary SPIN: 4290-8248;
e-mail: dnevoisvet@yandex.ru

Ivan M. Kireev,

Dr. Sci. (Engineering),
Leading Researcher, Head of the Laboratory
for Test Equipment;
ORCID: 0000-0003-0723-4515;
eLibrary SPIN: 4348-1536;
e-mail: kireev.i.m.47@gmail.com

Mikhail V. Danilov,

Cand. Sci. (Engineering),
Head of the Processes and Machines in Agribusiness Department;
ORCID: 0000-0002-8369-3329;
eLibrary SPIN: 5193-0379;
e-mail: danilomaster80@mail.ru

Vyacheslav O. Marchenko,

Leading Engineer of the Standardization Laboratory;
ORCID: 0009-0006-2041-9628;
eLibrary SPIN: 9947-9853;
e-mail: gost302@yandex.ru

Filipp A. Zimin,

Engineer of the Laboratory for Test Equipment;
ORCID: 0000-0001-6655-3976;
eLibrary SPIN: 4290-8248;
e-mail: dnevoisvet@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author