

УДК 631.3:631.8



АВТОЖИР ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ И ОБОСНОВАНИЕ ЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

ГОДЖАЕВ З.А.¹,
ДОКТ. ТЕХН. НАУК,

МАРЧЕНКО Л.А.²,
КАНД. ТЕХН. НАУК,

СТЕПАНОВ Б.Е.¹,
НАУЧ. СОТР.,

КОЗЛОВА А.И.¹,
НАУЧ. СОТР.

¹Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, e-mail: vim@vim.ru

²Клинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства, ул. Майданова, 85, г. Клин, Московская обл., 141603, Российская Федерация

Авиационный способ обработки сельскохозяйственных и лесных угодий имеет преимущества перед наземным по производительности, возможности обрабатывать поле с увлажненной почвой, отсутствию механических повреждений растений. Обоснована целесообразность применения легкого летательного аппарата для авиационно-химических работ. Отметили, что автожир – перспективный легкий винтокрылый летательный аппарат для внесения жидких средств химизации. Он сочетает в себе свойства самолета и вертолета. Разработали автожир с модульной конструкцией устройства, обеспечивающего автоматизированное внесение жидких средств химизации с рабочей скоростью полета 70-100 км/ч, шириной распределения 8 м, высотой обработки 1,0-1,5 м, нормой внесения 10-20 л/га. Установлены параметры эффективности применения автожира: продолжительность одного полета-цикла в зависимости от длины гона и расстояния подлета к обрабатываемому участку поля; полезную грузоподъемность и норму внесения. Определили, что площадь поля, обрабатываемого автожиром, возрастает с уменьшением нормы внесения, рациональные значения которой составляют 10-20 л/га. С увеличением полезной грузоподъемности со 100 до 350 кг производительность автожира в летний час возрастает в 3 раза и более. Однако грузоподъемность ограничивается мощностью силовой установки автожира. Установили, что наименьшее время полета автожира 14-46 мин и наибольшая производительность обработки сельскохозяйственных культур 37-43 га/ч обеспечиваются при рациональных значениях длины гона участков поля 1,0-2,6 км в пределах расстояния подлета к полю 0,6-1,5 км. Так, для автожиров с мощностью двигателя силовой установки 150, 200 и 300 л.с. полезная грузоподъемность обычно составляет 120, 200 и 350 л соответственно.

Ключевые слова: автожир, внесение средств химизации, грузоподъемность, эффективность.

Применение авиации для внесения жидких средств химизации (ЖСХ) стало перспективным направлением механизации сельскохозяйственного производства. Авиационно-химические работы все более востребованы сельхозпредприятиями всех форм собственности.

Авиационный способ обработки сельскохозяйственных и лесных угодий при прочих равных ус-

ловиях имеет определенные преимущества по сравнению с наземными способами: производительность летательных аппаратов (ЛА) в несколько раз выше, чем опрыскивателей; возможность обработки больших площадей агроценозов в минимально сжатые агротехнические сроки, в том числе полей, имеющих сильно увлажненную почву; отсутствие технологической колееи исключает механические повреж-

дения растений и вредные воздействия на почву ходовых систем. При этом стоимость аренды и использования ЛА практически сравнялась со стоимостью опрыскивателей, особенно самоходных [1-4].

Основу парка сельскохозяйственных самолетов и вертолетов в России составляют устаревшие конструкции, серийное производство которых прекращено: самолет АН-2, вертолеты МИ-2 и КА-26, оборудованные спецаппаратурой. В то же время сертифицированных «Авиатика-МАИ-890СХ», АН-3Т и несертифицированных самолетов нового типа СУ-38Л и ИЛ-103 недостаточно, так же как и запущенных в производство вертолетов Ка-226 и «Ансат».

В последние годы для авиационного внесения пестицидов в России, Беларуси, Украине, Казахстане и странах Западной Европы стали применять сверхлегкие и легкие летательные аппараты: легкие самолеты и вертолеты, мотодельтапланы, автожиры с возможностью обработки посевов с высоты полета над полем – 1-3 м при норме расхода рабочего раствора 5-15 л/га. При соответствующей сертификации каждого воздушного судна в целях использования его для авиационно-химических работ в соответствии с воздушным кодексом РФ применение малой авиации в сельском хозяйстве оправдано и эффективно [5, 6].

Одним из перспективных легких винтокрылых летательных аппаратов для внесения ЖСХ считается автожир тянущей или толкающей схемы, сочетающий в себе свойства самолета и вертолета. Автожиры можно задействовать в условиях безаэродромного базирования, когда использование самолетов невозможно из-за отсутствия подготовленной взлетно-посадочной полосы, а применение вертолетов нерентабельно.

Цель исследования – разработка автожира для внесения жидких средств химизации и обоснование его технологических параметров.

Материалы и методы. Технологический процесс авиационно-химических работ, выполняемых летательными аппаратами, состоит из циклически чередующихся технологических операций: загрузки бака пестицидами или удобрениями; запуска двигателя; выруливания на старт; взлета; перелета от аэродрома до обрабатываемого участка поля и подлета к участку; полета над сельскохозяйственным полем с внесением ЖСХ и разворота на очередной гон; перелета от обрабатываемого участка до аэродромной площадки; посадки; подруливания для загрузки бака и далее следующего цикла обработки поля [7].

Обработка полей автожиром, как и вертолетом, отличается от цикла работы самолета сокращением времени на взлет и посадку или отсутствием этих

элементов при «вертолетном» взлете вертолета и «прыжковом» – автожира, их точечной посадкой.

Расчет производительности ЛА в летный час осуществляется в соответствии с указаниями по технологии авиационно-химических работ [8]:

$$W = 60 \cdot G / (H \cdot T_{\text{п}}), \quad (1)$$

где W – производительность ЛА в летный час на внесении жидких средств химизации, га/ч;

G – разовая загрузка емкости летательного аппарата, кг(л);

H – норма расхода рабочего раствора средства химизации, кг/га (л/га);

$T_{\text{п}}$ – продолжительность полета – летное время, затрачиваемое ЛА на один производственный полет, мин.

На основании формулы (1) проводят оценку производительности полета при заданных значениях емкости бака для ЖСХ, их норм внесения и установленной продолжительности полета.

Время полета – цикл, который складывается из времени элементов полета:

$$T_{\text{п}} = T_{\text{о}} + T_{\text{р}} + T_{\text{пп}} + T_{\text{зп}} = \\ = 60G / (H V_{\text{р}} \cdot V_{\text{п}}) + (10G t_{\text{р}}) / (H L_{\text{г}} V_{\text{р}}) + 120L / V_{\text{п}} + T_{\text{д}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{о}}$ – время основной работы ЛА над обрабатываемым участком, мин;

$T_{\text{р}}$ – время на развороты для захода на очередной гон, мин;

$T_{\text{пп}}$ – время полета от взлетно-посадочной площадки и обратно, мин;

$T_{\text{зп}}$ – время на взлет и посадку ЛА, мин;

$B_{\text{р}}$ – рабочая ширина полосы обработки, м;

$V_{\text{р}}$ – рабочая скорость полета над обрабатываемым участком, км/ч;

$t_{\text{р}}$ – время одного разворота ЛА при заходе на обработку очередной полосы, мин;

$L_{\text{г}}$ – длина гона обрабатываемого поля, км;

$L_{\text{п}}$ – расстояние от взлетно-посадочной площадки до обрабатываемого участка поля, км;

$V_{\text{п}}$ – скорость полета ЛА от взлетно-посадочной площадки и обратно, км/ч;

На основании формулы (2) производится оценка продолжительности полета-цикла в зависимости от агротехнических параметров обрабатываемого участка и летно-технических характеристик ЛА.

Автожиру для взлета и посадки не нужна специальная аэродромная площадка, поэтому расстояние подлета от посадочной площадки автожира до обрабатываемого участка поля принято равным расстоянию переезда с участка на участок, которое является функцией длины гона и нормировано [9].



Рис. 1. Автожир для внесения жидких средств химизации

Время взлета и посадки автожира составляет примерно 5 мин и состоит из времени предварительной раскрутки несущего винта, времени проезда на взлет, времени на разбежку при длине разбежки 100-200 м и набора заданной высоты. Время разворота автожира при заходе на очередной гон находитя в пределах 0,1-0,2 мин.

Результаты и обсуждение. ВИМ и ООО «Гироплань-РОСС» разработали легкий летательный аппарат автожир для внесения жидких средств химизации (рис. 1). Данный автожир получил золотую медаль на московской выставке «Золотая осень-2014» в номинации инновационная техника для села.

Основные компоненты автожира и их летно-технические характеристики: силовая установка мощностью 150 л.с., приводящая во вращение толкающий винт диаметром 1,82 м; несущий винт качельного типа диаметром 8 м, создающий подъемную силу, вращающийся вследствие действия аэродинамических сил набегающего потока воздуха; топливные баки емкостью 84 л; приборы управления полетом; модуль для внесения жидких средств химизации, содержащий бак для рабочих растворов пестицидов и минеральных удобрений емкостью 120 л, технологическую трубопроводную и запорную арматуру; гидравлический насос производительностью 35 л/мин и приводом от электромотора и напряжением питания 12 В постоянного тока; штанга длиной 8 м, в виде центральной части и двух крайних с форсунками щелевого типа (в комплекте 16 шт.); при обработке сельскохозяйственных культур рабочая скорость полета автожира составляет 70-100 км/ч, минимальная высота полета – 1-1,5 м, минимальная норма внесения рабочего раствора ЖСХ – 10-20 л/га.

Получены основные зависимости, характеризующие технологическую эффективность применения автожира при внесении ЖСХ: продолжительность одного полета-цикла автожира в зависимости от длины гона $T_{п} = f(L_{г})$ (рис. 2) и от расстояния подлета к обрабатываемому участку $T_{п} = f(L_{п})$ (рис. 3); площадь обрабатываемой поверхности по-

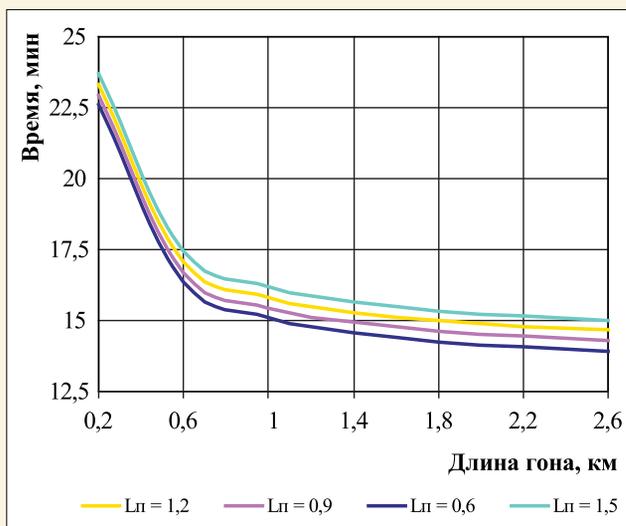


Рис. 2. Продолжительность одного полета автожира в зависимости от длины гона

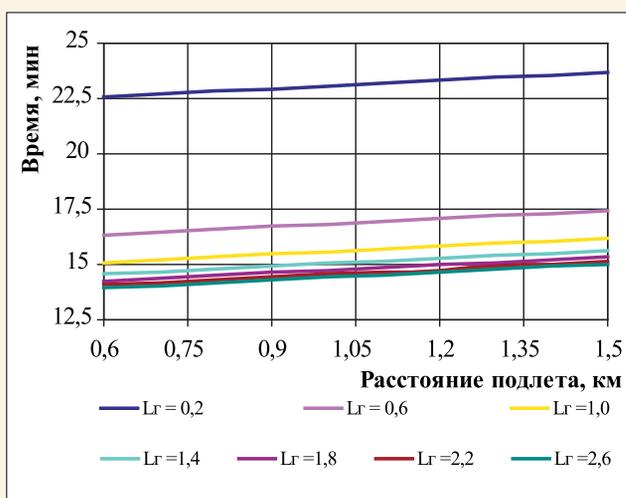


Рис. 3. Продолжительность полета автожира в зависимости от расстояния подлета к обрабатываемому участку

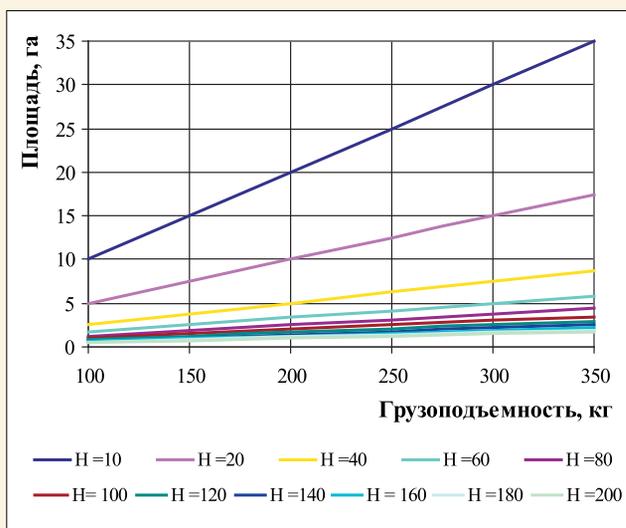


Рис. 4. Площадь обрабатываемого поля за один полет в зависимости от полезной грузоподъемности автожира

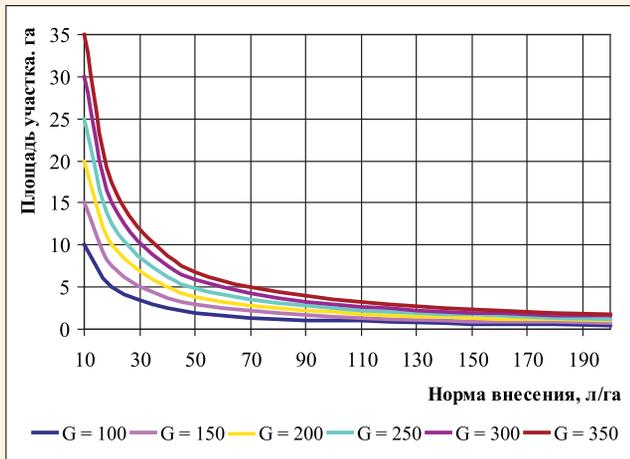


Рис. 5. Площадь обрабатываемого поля автожиром за один полет в зависимости от нормы внесения жидкого средства химизации

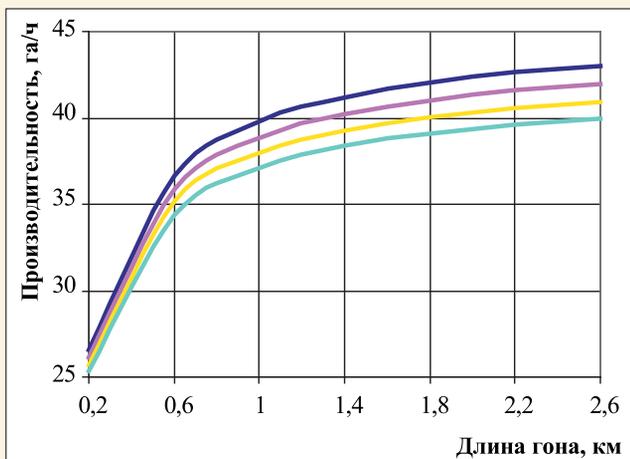


Рис. 6. Производительность автожира в зависимости от длины гона

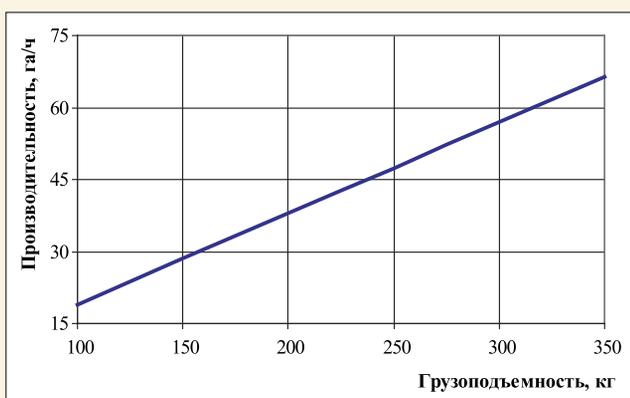


Рис. 7. Производительность автожира в зависимости от полезной грузоподъемности

ля в зависимости от полезной грузоподъемности $S = f(G)$ и нормы внесения $S = f(H)$ (рис. 5); производительность автожира за 1 летный ч от полезной грузоподъемности $W = f(G)$ (рис. 6) и от длины гона $W = f(L_r)$ (рис. 7).

Анализ зависимостей $T_{п} = f(L_r)$ (рис. 2) показывает, что с увеличением длины гона сельскохозяйственного поля время полета автожира и, соответственно, время обработки сокращается независимо от расстояния $L_{п}$ подлета к обрабатываемому участку. Рациональные значения длины гона, обеспечивающие незначительные изменения времени полета автожира в пределах 1,16 мин составляют 1-2,6 км. При длине гона менее 0,6 км происходит резкое увеличение времени полета автожира и, как следствие, снижение технологической эффективности его использования. Время полета $T_{п} = f(L_{п})$ (рис. 3) с изменением расстояния подлета к сельскохозяйственному полю $L_{п}$ от 0,6 до 1,5 км возрастает примерно до 1 мин. Необходимо стремиться к уменьшению времени подлета автожира, как одной из составляющих, минимизирующих время обработки сельскохозяйственного поля.

Таким образом, с увеличением длины гона и уменьшением расстояния подлета автожира к участкам поля продолжительность полета будет сокращаться, а обрабатываемая площадь возрастать.

Зависимость фактической площади поля, обработанной за один полет от полезной грузоподъемности автожира $S = f(G)$ (рис. 4) носит линейный характер и возрастает с увеличением грузоподъемности. Однако последняя отграничивается мощностью силовой установки автожира. Площадь обрабатываемого поля автожиром за один полет зависит также от нормы внесения $S = f(H)$ (рис. 5) и возрастает с уменьшением нормы ЖСХ. Рациональные значения норм внесения, независимо от грузоподъемности автожира, составляют 10-20 л/га.

Таким образом, величина обрабатываемой площади поля зависит только от массы загруженного в бак автожира средства химизации и нормы его внесения. Длина гона и расстояние подлета не влияют на величину обработанной площади.

Производительность обработки сельскохозяйственных полей автожиром $W = f(L_r)$ (рис. 6) зависит от длины гона. При длине гона менее 1 км производительность резко снижается. В пределах длины гона от 1 до 2,6 км изменение производительности не превышает 10%. При работе автожира рациональные значения длины гона в исследуемых пределах составляют 1,0-2,6 км.

Производительность автожира в летный час в зависимости от его грузоподъемности $W = f(G)$ (рис. 7) характеризуется линейной зависимостью и возрастает с увеличением грузоподъемности, которая в свою очередь лимитируется мощностью силовой установки. Так, для автожиров с мощностью двигателя силовой установки 150, 200 и 300 л.с. полезная грузоподъемность обычно составляет 120, 200 и 350 л.



Выводы. Обоснована целесообразность применения легкого летательного аппарата – автожира для авиационно-химических работ, не требующего аэродромного базирования, обладающего коротким разбегом по грунтовой дороге от 100 до 200 м для взлета и точечной посадки.

Разработан автожир с устройством, обеспечивающим автоматизированный процесс внесения жидких средств химизации модульной конструкции с нормой внесения ЖСХ 10-20 л/га, рабочей скоростью полета 70-100 км/ч, шириной распределения ЖСХ 8 м, высотой полета при обработке 1,0-1,5 м.

Установлено, что наименьшее время полета ав-

тожира от 14 до 46 мин и наибольшая производительность обработки сельскохозяйственных культур от 37 до 43 га/ч обеспечивается при рациональных значениях длины гона участков поля от 1,0 до 2,6 км в пределах расстояния подлета к полю 0,6-1,5 км.

Показано, что площадь обрабатываемого поля автожиром за один полет возрастает с уменьшением нормы внесения жидкого средства химизации, рациональные значения которой составляют 10-20 л/га.

Определено, что производительность автожира в летный час с увеличением полезной грузоподъемности от 100 до 350 кг возрастает более чем в три раза с 19 до 66 га/ч, однако последняя ограничивается мощностью силовой установки автожира.

Литература

1. Годжаев З.А., Русанов А.В., Прядкин В.И. Научно-техническое решение проблемы переуплотнения почвы сельхозмашинами // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2014. – № 6. – С. 32-35.

2. Башкирова Т.Н., Колесникова В.А. Экологизация технологий применения гербицидов // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2013. – № 4. – С. 12-14.

3. Марченко Л.А., Мочкова Т.В., Колесникова В.А., Козлова А.И. Состояние производства и применения жидких минеральных удобрений в сельском хозяйстве // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. – 2015. – № 6. – С. 36-41.

4. Огородников П.И., Усик В.В. Экономическое обоснование эффективного применения летательных аппаратов в отрасли растениеводства // *Известия Оренбургского ГАУ*. – 2011, вып. № 31 1, Т. 3. – С. 264-268.

5. Асовский В.П. Актуальные вопросы авиационной защиты растений // *Защита растений*. – 2008. – № 3. – С. 3-5.

6. Измайлов А.Ю., Елизаров В.П., Бейлис В.М. Система технологий, типажей и параметров машин для комплексной механизации растениеводства: разработка и развитие в рыночных условиях. – М.: ВИМ, 2010. – С. 9-15.

7. Назаров В.А., Старостин С.Г., Попов С.Д. и др. Применение авиации в сельском и лесном хозяйстве. – М.: Транспорт, 1975. – 312 с.

8. Указания по технологии авиационно-химических работ в сельском и лесном хозяйстве СССР. – 1982. – М.: Воздушный транспорт. – С. 113-115.

9. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве. Ч. II (Посев, посадка сельскохозяйственных культур, уход за посевами). – Л.: Колос, 1976. – С. 10.

GYROPLANE FOR APPLICATION OF LIQUID PRODUCTS OF CHEMICALIZATION AND ITS TECHNOLOGICAL PARAMETERS JUSTIFICATION

Z.A. Godzhaev¹, L.A. Marchenko², B.E. Stepanov¹, A.I. Kozlova¹

¹All-Russia Research Institute of Mechanization for Agriculture, 1st Institutskiy proezd, Moscow, 109428, Russian Federation, e-mail: vim@vim.ru

²Klin branch of the All-Russian Research Institute of Mechanization for Agriculture, Maydanov St., 85, Klin, Moscow region, 141603, Russian Federation

An aviation treatment of agricultural and forest lands has advantages as against at-ground one on productivity, opportunity to cultivate a field with the humidified soil, to lack of mechanical damages of plants. The authors proved expediency of use of a light aircraft for chemical operations. A gyroplan is perspective easy rotary-wing aircraft for application of liquid products of chemicalization. It has properties of a plane and a helicopter. Developed by authors gyroplan has a modular design of the apparatus providing the automated application of liquid products of chemicalization with a operating speed of 70-100 km/ha and spreading width of 8 m, high of 1.0-1.5 m, application rate of 10-20 l/ha. Parameters of efficiency of use of the autogyro were established: duration of one flight cycle depending on length of furrow and distance of approach to the cultivated field site; useful loading capacity and

application rate. The field area processed by the gyroplan increases with reduction of norm of application which rational values make 10-20 l/ha. With increase in useful loading capacity from 100 to 350 kg gyroplan productivity in flight hour increases by 3 times and more. However, loading capacity is limited by the power of the plantpropulsion unit of an autogyro. The shotest time of flight of an autogyro is 14-46 min and the maximum efficiency of treatment of crops is 37-43 ha/h. These parameters are provided at rational values of length of furrow of 1.0-2.6 km within approach distance to a field of 0.6-1.5 km. For example, if an engine capacity of the plantpropulsion unit of an autogyro equals 150, 200 and 300 h.p., so useful loading capacity usually makes 120, 200 and 350 l respectively.

Keywords: Gyroplan; Application of products of chemicalixation; Loading capacity; Efficiency.

References

1. Godzhaev Z.A., Rusanov A.V., Pryadkin V.I. Nauchno-tehnicheskoe reshenie problemy pereuplotneniya pochvy sel'khoz mashinami [Scientific and technical solution of problem of soil overconsolidation by agricultural machines]. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2014. No. 6. pp. 32-35 (Russian).

2. Bashkirova T.N., Kolesnikova V.A. Ekologizatsiya tekhnologii primeneniya gerbitsidov [Ecologization of technologies of herbicides application]. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2013. No. 4. pp. 12-14 (Russian).

3. Marchenko L.A., Mochkova T.V., Kolesnikova V.A., Kozlova A.I. Sostoyanie proizvodstva i primeneniya zhidkikh mineral'nykh udobreniy v sel'skom khozyaystve [Condition of production and application of liquid mineral fertilizers in agriculture]. Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii. 2015. No. 6. pp. 36-41 (Russian).

4. Ogorodnikov P.I., Usik V.V. Ekonomicheskoe obosnovanie effektivnogo primeneniya letatel'nykh apparatov v otrasli rasteniyevodstva [Economic justification of effective use of aircraft in plant growing]. Izvestiya Orenburgskogo GAU. 2011, vyp. No. 31 I, T. 3. pp. 264-268 (Russian).

5. Asovskiy V.P. Aktual'nye voprosy aviatsionnoy

zashchity rasteniy [Topical questions of aviation crop protection]. Zashchita rasteniy. 2008. No. 3. pp. 3-5 (Russian).

6. Izmaylov A.Yu., Elizarov V.P., Antyshev N.M., Beylis V.M. Sistema tekhnologiy, tipazhey i parametry mashin dlya kompleksnoy mekhanizatsii rasteniyevodstva: razrabotka i razvitie v rynochnykh usloviyakh [System of technologies, ranges and parameters of machines for complex mechanization of plant growing: working out and development in market conditions]. Moscow: VIM, 2010, pp. 9-15 (Russian).

7. Nazarov V.A., Starostin S.G., Popov S.D., et al. Primenenie aviatsii v sel'skom i lesnom khozyaystve [Aircraft use in agriculture and forestry]. Moscow.: Transport, 1975. 312 pp. (Russian).

8. Ukazaniya po tekhnologii aviatsionno-khimicheskikh rabot v sel'skom i lesnom khozyaystve SSSR [Instructions on technology of aviation and chemical works in agriculture and forestry of the USSR]. 1982. Moscow: Vozdushnyy transport. pp. 113-115 (Russian).

9. Tipovye normy vyrabotki i raskhoda topliva na mekhanizirovannye polevye raboty v sel'skom khozyaystve [Standards of output rate and fuel consumption for mechanized field works in agriculture]. Ch. II (Posev, posadka sel'skokhozyaystvennykh kul'tur, ukhod za posevami). Leningrad: Kolos, 1976. pp. 10 (Russian).

ОБЪЯВЛЕНИЕ

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт механизации
сельского хозяйства»
(ФГБНУ ВИМ)**

открывает вакансию на позицию заведующего сектором издательской деятельности.

Направленность деятельности – сельское хозяйство, сельскохозяйственные машины и технологии.

Опыт работы кандидата – не менее 3 лет в сфере профессиональной издательской деятельности на позиции руководителя или заместителя руководителя редакционно-издательского отдела (сектора), или же редактора (заместителя редактора) периодического научно-технического издания.

Контактный телефон отдела кадров: 8 (499) 174-83-71