

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОБОСНОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОПРЫСКИВАТЕЛЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Н.Н. НАЗАРОВ, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник,
Н.С. ЯКОВЛЕВ, доктор технических наук, главный научный сотрудник

*Сибирский научно-исследовательский институт механизации
и электрификации сельского хозяйства СФНЦА РАН
630501, Россия, Новосибирская область, пос. Краснообск
e-mail: yakovlev-46@inbox.ru*

Представлены результаты обоснования технологической схемы технического средства для защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков с принудительным осаждением распыляемого препарата на подстилающую поверхность. Установлено, что формирование и оценку вариантов технологических схем разрабатываемого технического средства целесообразно проводить на основе комбинированного функционально-структурного подхода с использованием методологии функционально-стоимостного анализа. Данный анализ включает определение состава функций будущего изделия; построение его функциональной модели; поиск и формирование вариантов решений по функциям; построение структурной модели изделия; построение функционально-структурной модели изделия; оценку и выбор вариантов рабочих органов (технических решений) и перспективных технологических схем. Методом экспертных оценок с использованием комплексных показателей и численных значений их коэффициентов весомости (значимости) показателей качества выполнения технологических процессов обоснована перспективная технологическая схема опрыскивателя с принудительным осаждением распыляемого препарата на подстилающую поверхность. При проведении защитных мероприятий рабочую жидкость целесообразно осажать инерционно-гравитационным способом. Использование монодисперсного спектра распыла с принудительным осаждением капель на обрабатываемые объекты позволяет довести осаждение этих капель до 90 % и более.

Ключевые слова: техническое средство, защита растений, маточная и рабочая жидкость, модель опрыскивателя, технологическая схема.

В защитных мероприятиях при возделывании зерновых культур применяют в основном штанговые (реже вентиляторные) опрыскиватели, выполненные в прицепном и навесном вариантах. При несомненных достоинствах (постоянная ширина захвата, достаточно равномерное распределение рабочей жидкости по обрабатываемой площади) штанговые опрыскиватели имеют ряд существенных недостатков: низкую технологическую надежность из-за частого забивания распылителей (особенно при малых расходах), меньшую по сравнению с вентиляторными опрыскивателями производительность, сложность настройки опрыскивателя, большую металлоемкость и др. Однако самая большая проблема, возникающая при использовании штанговых опрыскивателей, состоит в значи-

тельных потерях распыленной жидкости – до 20–30 % и более. Это существенно снижает эффективность защитных мероприятий и приводит к загрязнению окружающей среды.

Эффективность применения рабочей жидкости пестицидов можно повысить, если вводить ее в вегетирующую массу (злаковых культур, сорных растений) принудительно с использованием нагнетаемых воздушных потоков. В связи с этим необходимо обоснование технологической схемы технического средства с принудительным осаждением распыленного препарата при защите посевов зерновых.

Цель исследования – обосновать элементную базу опрыскивателя с принудительным осаждением препарата на подстилающую поверхность.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Формирование и оценку вариантов технологических схем разрабатываемого технического средства целесообразно проводить на основе комбинированного функционально-структурного подхода с использованием методологии функционально-стоимостного анализа [1–5], включающего:

- определение состава функций будущего изделия;
- построение его функциональной модели;
- поиск и формирование вариантов решений по функциям;
- построение структурной модели изделия;
- построение функционально-структурной модели изделия;
- оценку и выбор вариантов рабочих органов (технических решений) и перспективных технологических схем.

Основное назначение определения состава функций технического средства для

защиты растений от сорняков, вредителей и болезней – установление необходимого количества данных функций, которые должны выполняться техническим средством в целом, а также его составными частями. Основной инструмент определения взаимосвязи функций – повторяемая постановка двух главных вопросов (почему? и как?), которыми являются непосредственно предшествующая и непосредственно последующая функции. Развитием такого подхода, включающего логическое описание и систематизацию функций объекта, служат диаграммы функций. Полученный таким образом набор функций использован при формировании функциональной модели технического средства (рис. 1). В данной модели произведено уточнение функциональной сущности разрабатываемого технического средства с помощью наглядного отображения функций и их подчиненности.

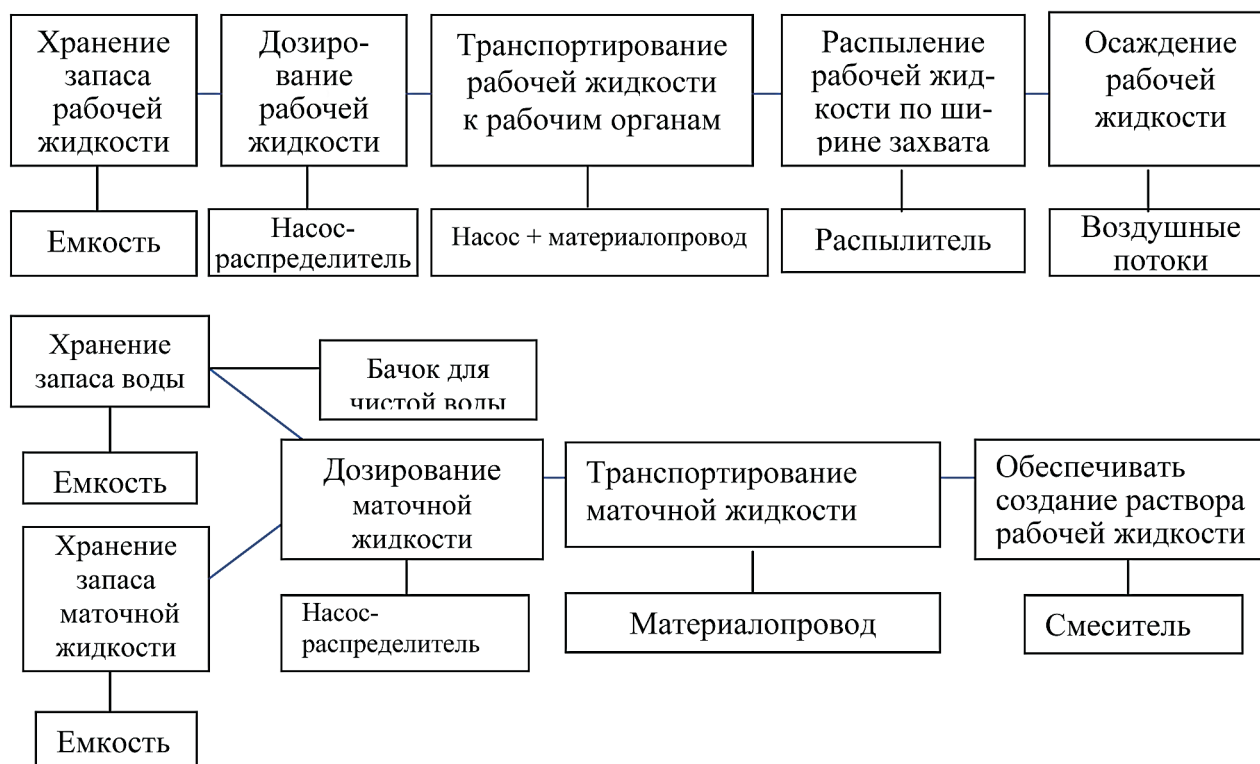


Рис. 1. Диаграмма функций технического средства для защиты сельскохозяйственных культур с принудительным осаждением распыленного препарата

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При построении функциональной модели осуществлена классификация функций разрабатываемого технического средства в следующем порядке: главные, основные, второстепенные, вспомогательные. Главные функции сформулированы исходя из назначения разрабатываемого технического средства – обеспечение защиты посевов зерновых. Основные функции (транспортирование запаса маточной и рабочей жидкостей, обеспечение их дозирования, распределение и осаждение на подстилающую поверхность) подчинены главным, обязательны для их реализации, определяют главный рабочий процесс проектируемого технического средства и связаны в основном с размещением используемого оборудования на нем. После выбора принципа действия основных функций установлены вспомогательные, которые необходимы для реализации основных (установка распределительной аппаратуры, воздухопроводов и др.). Обоснованная таким образом функциональная модель технического средства послужила основанием для построения совмещенной функционально-структурной модели разрабатываемого технического средства, а также построения функционально-структурной модели технического средства для защиты сельскохозяйственных культур.

Одним из основных вопросов при обосновании технологических схем технического средства является формирование максимально возможного количества их вариантов, поскольку рассмотрение неполного множества не дает гарантии выбора наиболее эффективного из них. Для выполнения этого этапа работы использован морфологический метод анализа систем [6, 7]. При применении данного метода проектируемое техническое средство разделено на части, считающиеся условно независимыми, причем каждая из них имеет несколько возможных вариантов построения (решения).

Общее решение (технологическую схему) при этом можно получить, взяв одно из возможных решений для каждой части. Чис-

ло таких решений равно числу возможных комбинаций, причем берется каждый раз одно решение для каждой из частей. Отдельный вариант исполнения какой-либо части обозначается как P_i^k , где i относится к обозначению конкретной части изделия, k – к конкретному техническому исполнению i -й части изделия. Каждая часть объекта обладает конечным числом альтернативных решений, которые в совокупности образуют матрицу альтернативных вариантов построения данного объекта:

$$[P_1^1, P_1^1, \dots, P_1^{41}];$$

$$[P_2^1, P_2^1, \dots, P_2^{42}];$$

$$[P_n^2, P_n^2, \dots, P_n^n].$$

Число этих вариантов велико. Оно значительно уменьшается за счет исключения несовместимых вариантов выполнения смежных операций. Матрица подобных структурных решений формирует представление о структуре разрабатываемого технического средства и в обобщенном виде используется при формировании его структурной модели.

Основа структурных моделей – строгая и однозначная соподчиненность материальных элементов с определенной степенью упрощения, представляющая собой “скелет” изделия, его обобщенный вид. Подобного рода модели имеют вид связного графа с несколькими иерархическими уровнями, не содержат контуров, перекрестных связей между элементами различных уровней, т.е. относятся к графам типа дерева (рис. 2).

Представленная схема отражает лишь наиболее устоявшиеся статические связи в системе и в дальнейшем используется при построении функционально-структурной модели изделия, осуществляемой путем наложения функциональной модели на структурную, что практически не отличается от правил построения структурной и функциональной моделей (рис. 3). Подобного рода совмещенная функционально-структурная модель является основанием для формирования технологической схемы разрабатываемого технического средства.



Рис. 2. Структурная схема технического средства для защиты сельскохозяйственных культур



Рис. 3. Функционально-структурная модель технического средства для защиты сельскохозяйственных культур:

1.1.1 – дозирование рабочей жидкости; 1.1.2 – транспортирование рабочей жидкости; 1.1.3 – распределение рабочей жидкости; 1.1.4 – распыление рабочей жидкости; 1.1.5 – осаждение рабочей жидкости; 2.2.1 – обеспечение работы вентилятора; 3.3.1 – транспортирование сжатого воздуха к насадкам; 4.4.1 – распределение сжатого воздуха по ширине факела распыла

Результаты ранжирования показателей качества по результатам их балльной оценки экспертами

Оценка	Показатели качества							
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	К
Балл	4,8	3,9	4,8	2,4	2,4	2,7	3,4	2,7
Числа натурального ряда	1	3	2	7	8	5	4	6

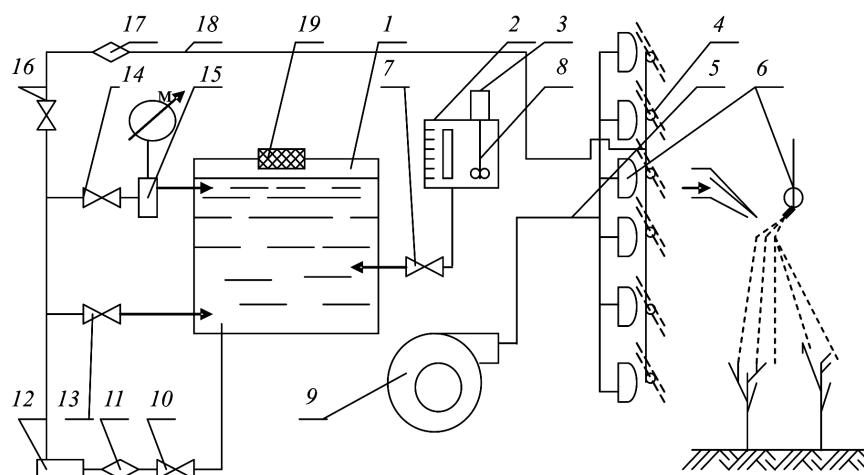


Рис. 4. Технологическая схема гидропневматического опрыскивателя:

1 – основной бак; 2 – бак для маточной жидкости; 3 – гидромотор; 4 – распылитель гидравлический; 5 – пневмокоммуникации; 6 – головка пневматическая; 7, 10, 13, 14, 16 – запорная арматура; 8 – мешалка; 9 – вентилятор; 11, 17, 19 – устройства фильтрующие; 12 – насос; 15 – регулятор давления; 18 – гидрокоммуникации

Оценка и выбор перспективных технических решений и технологической схемы разрабатываемого технического средства для защиты посевов зерновых осуществлялись экспертной группой с использованием численных значений коэффициентов весомости (значимости) показателей качества выполнения технологических процессов [8–10]. На первом этапе эксперты осуществили ранжирование по 5-балльной шкале и определили значимость (важность) показателей качества рассматриваемых процессов, в числе которых выбраны [11]: А – качество выполнения технологического процесса, Б – производительность технологического процесса, В – надежность технологического процесса, Г – затраты на монтаж оборудования, Д – стоимость комплектующих; Е – сложность изготовления (затраты труда на изготовление), Ж – удобство в обслуживании (затраты труда на обслуживание), К – масса рабочих органов. Полученные данные обрабатывали с использованием методов математической статистики [12] (см. таблицу).

На втором этапе осуществляли выбор перспективной технологической схемы экспериментального образца технического средства для защиты посевов зерновых по

обозначенным выше показателям качества. Оценка проводилась той же группой экспертов.

Установлено, что наиболее перспективной технологической схемой технического средства для защиты посевов зерновых является схема, включающая основной бак, бак для маточной жидкости, гидромотор, распылитель гидравлический, пневмокоммуникации, запорная арматура, мешалка, вентилятор, устройства фильтрующие, насос, регулятор давления и гидрокоммуникации (рис. 4.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обоснованная технологическая схема гидропневматического опрыскивателя может служить основанием к разработке технических средств с принудительным осаждением распыленных препаратов на подстилающую поверхность для защиты посевов зерновых культур от сорняков, вредителей и болезней. Использование монодисперсного спектра распыла с принудительным осаждением капель на обрабатываемые объекты позволяет довести осаждение этих капель до 90 % и более.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Моисеева Н.К., Карпунин М.Г.** Основы теории и практики функционально-стоимостного анализа. – М.: Высш. шк., 1988. – 192 с.
2. **Моисеева Н.К.** Выбор технических решений при создании новых изделий. – М.: Машиностроение, 1980. – 181 с.
3. **Голибардов Е.И., Кудрявцев А.В., Синенко М.И.** Техника функционально-стоимостного анализа. – Киев: Техника, 1989. – 238 с.
4. **Основы функционально-стоимостного анализа.** – М.: Энергия, 1980. – 175 с.
5. **Справочник** по функционально-стоимостному анализу. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 431 с.
6. **Одрин В.М.** Методы морфологического анализа технических систем. – М.: ВНИИПИ, 1989. – 310 с.
7. **Цвиркун А.Д.** Основы синтеза структуры сложных систем. – М.: Наука, 1982. – 200 с.
8. **Милаев П.П.** Оценка уровня конкурентоспособности техники для земледелия: метод. реком. – Новосибирск, 2000. – 56 с.
9. **Докин Б.Д., Елкин О.В.** Технологическая и техническая модернизация растениеводства Сибири // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2015. – № 1 – С. 18–22.
10. **Иванов Н.М., Чепурин Г.Е.** Научно-техническое обеспечение аграрного комплекса Сибири // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2014. – № 5. – С. 93–101.
11. **Назаров Н.Н.** Технологическая схема технического средства для внесения в почву суспензии бактериальных препаратов // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2010. – № 2. – С. 76–83.
12. **Литвак Б.Г.** Экспертная информация. Методы получения и анализа. – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.

REFERENCES

1. **Moiseeva N.K., Karpunin M.G.** Osnovy teorii i praktiki funktsio-nal'no-stoimostnogo analiza. – M.: Vyssh. shk., 1988. – 192 s.
2. **Moiseeva N.K.** Vybora tekhnicheskikh reshenii pri sozdanii novykh iz-delii. – M.: Mashinostroenie, 1980. – 181 s.
3. **Golibardov E.I., Kudryavtsev A.V., Sinenko M.I.** Tekhnika funktsio-nal'no-stoimostnogo analiza. – Kiev: Tekhnika, 1989. – 238 s.
4. **Osnovy funktsional'no-stoimostnogo analiza.** – M.: Energiya, 1980. – 175 s.
5. **Spravochnik** po funktsional'no-stoimostnomu analizu. – M.: Finansy i statistika, 1988. – 431 s.
6. **Odrin V.M.** Metody morfologicheskogo analiza tekhnicheskikh sistem. – M.: VNIPI, 1989. – 310 s.
7. **Tsvirkun A.D.** Osnovy sinteza struktury slozhnykh sistem. – M.: Nauka, 1982. – 200 s.
8. **Milaev P.P.** Otsenka urovnya konkurentosposobnosti tekhniki dlya zem-ledeliya: metod. rekom. – Novosibirsk, 2000. – 56 s.
9. **Dokin B.D., Elkin O.V.** Tekhnologicheskaya i tekhnicheskaya modernizatsiya rastenievodstva Sibiri. // Ekonomika sel'skokhozyaistvennykh i pererabaty-vayushchikh predpriyatii. – 2015. – № 1 – S. 18–22.
10. **Ivanov N.M., Chepurin G.E.** Nauchno-tekhnicheskoe obespechenie agrar-nogo kompleksa Sibiri // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2014. – № 5. – S. 93–101.
11. **Nazarov N.N.** Tekhnologicheskaya skhema tekhnicheskogo sredstva dlya vne-seniya v pochvu suspensii bakterial'nykh preparatov // Sib. vestn. s.-kh. nauki. – 2010. – № 2. – S. 76–83.
12. **Litvak B.G.** Ekspertnaya informatsiya. Metody polucheniya i analiza. – M.: Radio i svyaz', 1982. – 184 s.

APPROACHES TO SUBSTANTIATING TECHNOLOGICAL SCHEMES OF SPRAYERS FOR PROTECTING GRAIN CROPS

N.N. NAZAROV, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher,

N.S. YAKOVLEV, Doctor of Science in Engineering, Head Researcher

Siberian Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture, SFSCA RAS

Krasnoyarsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia

e-mail: yakovlev-46@inbox.ru

Results are given from studies on substantiating technological schemes of engineering tools with forced precipitation of sprayed drug on the underlying surface to protect grain crops from pests, diseases and weeds. Variants of technological schemes of engineering tools developed should be formed and evaluated based on combined function-and-structure approach using the methods of value analysis. This analysis includes

determining a number of functions of the future product, building its functional model, searching and forming decision variants as to functions, building a structural model of the product, building its structure-and-function model, evaluating variants and choosing tools (technical solutions) and promising technological schemes. By the method of expert evaluations using comprehensive indicators and their numerical values of weighting factors, the promising technological scheme of the sprayer with forced precipitation of sprayed drug on the underlying surface has been substantiated. When carrying out protection activities, the hydraulic fluid can efficiently be precipitated by the inertial-gravitational method. The use of monodisperse spectrum of spraying with forced precipitation of droplets on the objects treated allows increasing the precipitation of these droplets up to 90 percent and more.

Keywords: engineering tool, plant protection, hydraulic fluid, sprayer model, technological scheme.

Поступила в редакцию 27.02.2017
