

РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ

СОЛОВЬЕВ Дмитрий Александрович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

ЖУРАВЛЕВА Лариса Анатольевна, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

Рассмотрены критерии оценки дождевальных машин кругового действия. Дана схема формирования концепции машины при проектировании. Представлены показатели уровня качества.

Введение. Общая площадь орошаемых земель в РФ составляет 4,3 млн га, при этом поливается только 1,8 млн га [6, 7]. Причем около 70 % этой площади поливается с помощью широкозахватных дождевальных машин (ДМ).

Снижение орошаемых площадей связано со значительной изношенностью оросительных систем, поскольку большая часть их создана еще в советский период. Практически потерян потенциал по производству современной дождевальной техники.

Важнейшим направлением повышения конкурентоспособности современной отечественной дождевальной техники является широкое применение ресурсосберегающих технологий.

Ресурсосбережение при проектировании и эксплуатации широкозахватных дождевальных машин, обеспечение эффективной и производительной работы в различных условиях эксплуатации представляет собой сложную техническую задачу оптимизации всех параметров ДМ и требует решения комплекса научных и практических задач.

Создание новой отечественной широкозахватной дождевальной техники требует значительного научного обеспечения, разработки и уточнении режимов работы, изменений как в конструктивном отношении, так и в применении инновационных систем управления и автоматизации.

Ресурсосбережение при проектировании и эксплуатации широкозахватных дожде-

вальных машин касается водных, земельных, материальных, энергетических, трудовых, финансовых ресурсов и обеспечивается целым рядом методов и направлений исследования (рис. 1).

Основные параметры дождевальных машин определяются на этапах разработки исходных требований, технических заданий и конструкторской документации и отражают в основном общепринятые в конкретный период времени воззрения на техническое и технологическое совершенство.

Процесс создания машины можно представить как взаимодействие между основными классификационными признаками, определяющими машину в концепции ее создания. Согласно рис. 2, концептуальная цепь технических показателей машины (вес, форма, размер, мощность) подвержена воздействию со стороны требований среды и должна быть согласована с показателями уровня развития данных технических средств.

Категории «вес, форма, размер» определяют общее понятие «конструкция». Цепь продолжается связью «конструкции» с мощностью, определяющей удельные показатели технических характеристик, является наиболее значимой для характеристик «расход и затраты» и замыкается оценкой фактора целесообразности – стоимостью.

Рассмотрим схему подробнее. Категорию «параметры среды» можно разделить





Рис. 1. Ресурсосбережение ДМ

на две составляющие: физика (например, физико-механические свойства почвы) и геометрия (геометрические параметры поля, рельеф местности, высота растений и др.).

Физико-механические свойства почвы (физика) ограничивают вес дождевальной машины, определяя ходовую систему. Размеры поливного участка, рельеф местности, высота растений задают форму и размеры ДМ (ее длину, конструктивно-высотные свойства). Причем вес является лимитирующим фактором. Со-

вершенство формы конструкции определяет полезную нагрузку в функции общего веса.

Параметры ДМ через категории «вес», «форма» и «размер» задают мощность, необходимую на привод машины. Данные три категории определяют конструкцию машины, которая характеризует надежность, универсальность и технические возможности, влияющие на стоимость машины. Конструкция в целом является определяющим фактором мощности и группы «расход и затраты», поскольку она

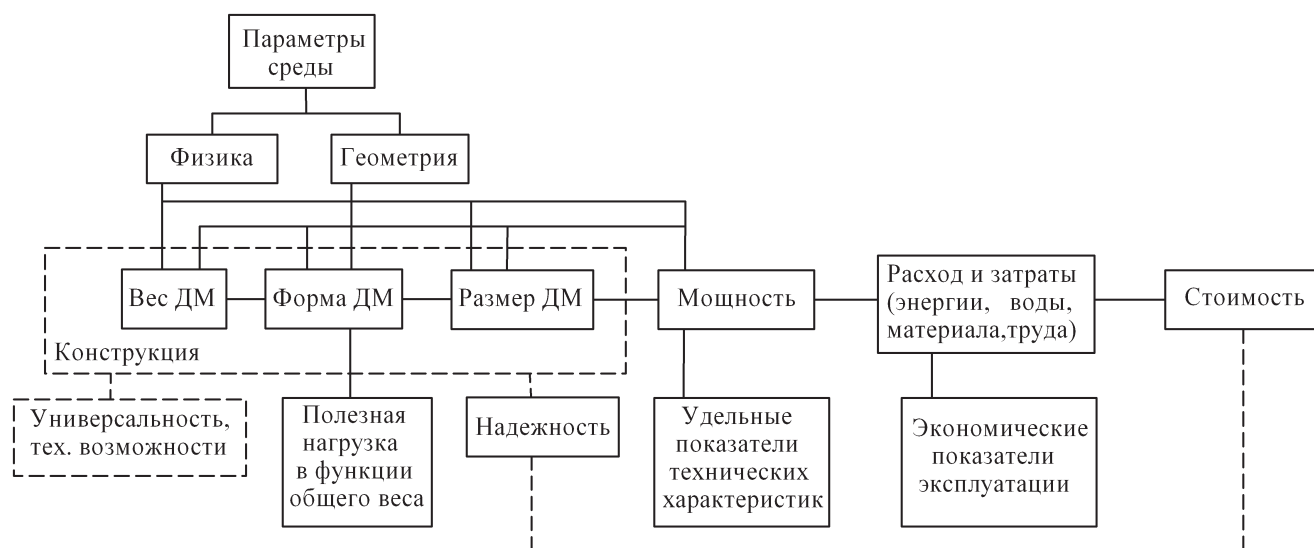


Рис. 2. Схема формирования концепции машины

определяет расход энергии, воды, материалов на изготовление самой конструкции, затрат труда на обслуживание. «Конструкция» и «мощность» и характеризует показатели уровня качества и возможности ресурсосбережения как при изготовлении самой машины, так и в процессе эксплуатации.

После обработки концептуальных представлений формируются конкретные требования к дождевальной машине, ее параметрам и режимам функционирования.

Из рис. 3 видно, что при создании дождевальных машин вопрос ресурсосбережения касается в основном снижения металлоемкости и стоимости. Оптимизация метал-

локонструкции (основная опора, ферма, водопроводящий трубопровод, опорные тележки) следует рассматривать с позиции экономии материальных и финансовых затрат. Лимитирующими факторами являются в основном прочность и жесткость конструкции.

Проектируемые в настоящее время дождевальные машины не могут считаться универсальными, пригодными для всего разнообразия почвенно-климатических условий, культур и рельефов. Конструктивно-технологические особенности ДМ должны выбираться из предполагаемых условий эксплуатации, организационно-хозяйственных условий, структуры севооборотов, естественной увлажненности территории, экологической обстановки.

При производстве

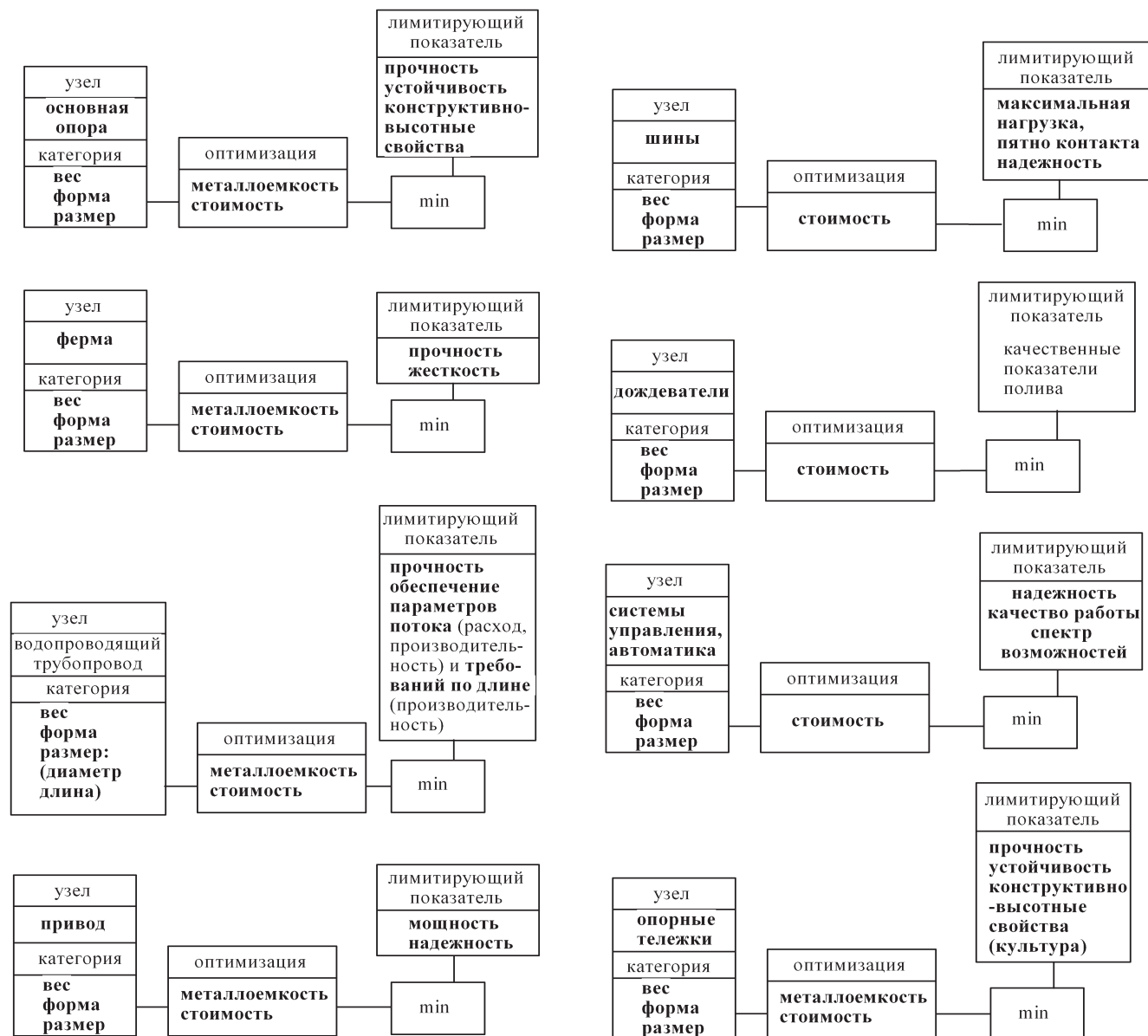


Рис. 3. Оптимизация параметров по узлам машины





гического состоянии земель, обеспеченности энергетическими и трудовыми ресурсами, на основе наиболее значимых, первостепенных требований.

Однако следует выделить комплекс показателей технического уровня качес-

тва дождевальных машин и критерии оптимизации, по которым имеется возможность ранжирования техники, согласно которым применимость сравниваемых видов ДМ будет научно обоснована (рис. 4).

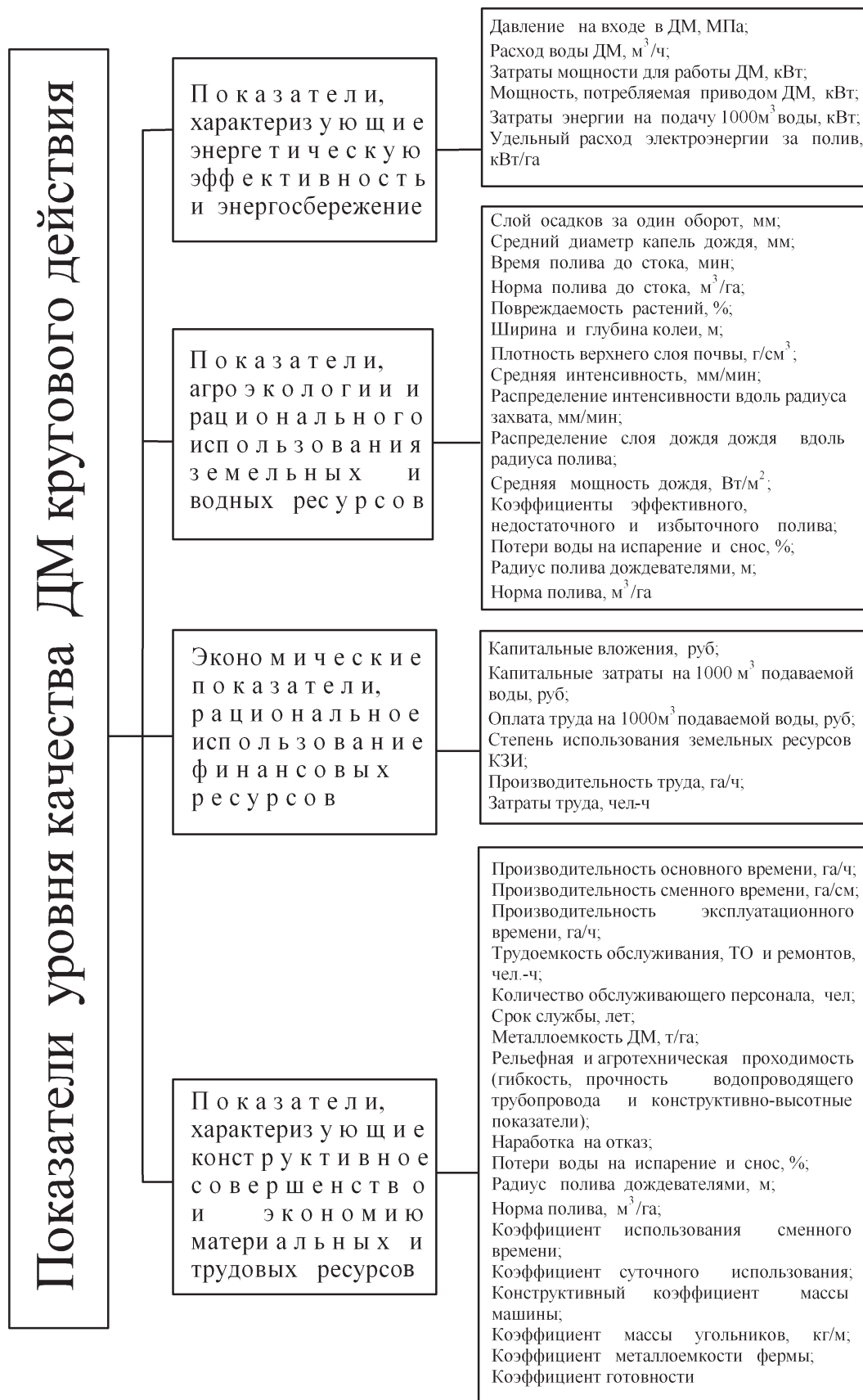


Рис. 4. Показатели уровня качества ДМ

За показатель гидравлической эффективности примем гидравлический (пьезометрический) уклон и гидромодуль [4].

На основе ресурсосберегающего подхода были спроектированы, апробированы и внедрены в производство широкозахватные дождевальные машины в СГАУ имени Н.И. Вавилова совместно с ООО «Мелиоративные машины», табл. 1 [5, 8–11].

Методика исследований. Лабораторные исследования опытных образцов, агрегатов и узлов проводили в лабораториях кафедры «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины», а также в УНПК «Агроцентр» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ. Полевые исследования проводили на полях УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ (с. Степное Энгельсского района Саратовской области), УНПК «Агроцентр»; ООО «Наше дело» (Саратовская область, Марксовский район) по методикам [2, 3].

Приемочные испытания проводила ФГБУ «Поволжская государственная зональная машиноиспытательная станция» (г. Кинель). Испытания проводили на соответствие машины требованиям ТУ [10, 11] по рабочей программе-методике, утвержденной ФГБУ «Поволжская МИС». Сертификационные испытания проводили Испытательным центром автономной некоммерческой организации «Поволжский Агротех Тест Центр (г. Кинель).

Результаты исследований. Первой моделью ДМ стала «Кубань-ЛК1М»

(КАСКАД). Развитие и совершенствование машины получило при разработке серии ДМ «КАСКАД» с усовершенствованной конструкцией фермы, системы креплений, увеличенными пролетами между тележками до 65,2 м, авторскими дождевателями, рис. 5 [1].

В настоящий момент пролет 65,25 м с трубой диаметром 159 мм – самый длинный пролет с одноточечной схемой креплений шпренгелей в отрасли.

Управление машинами обеспечивает разработанная собственная автоматическая система управления со следующими основными опциями:

автоматический останов при круговом режиме работы с задаваемым парковочным положением;

секторное управление с реверсивной автоматикой;

отключение при низком давлении; контроль хода.

Для совершенствования системы управления ДМ «Кубань-ЛК1М» и ДМ «КАСКАД» была разработана система GSM-контроля оборудования, предназначенная для дистанционного управления, отслеживания работы, оповещения по каналу сотовой связи о работе или отказе оборудования.

Эксплуатационно-технологическая оценка проведена по ГОСТР 52778-2007. Результаты эксплуатационно-технических показателей представлены в табл. 2.

Оценка надежности была проведена по СТО АИСТ 2.8-2010. Показатели надежности сведены в табл. 3.



Рис. 5. ДМ «КАСКАД»



Основные технические характеристики машины «Кубань-ЛК1М» (КАСКАД) и «КАСКАД»

Показатель	Характеристика	
	«Кубань-ЛК1М» (КАСКАД)	«КАСКАД»
Условное наименование	Колесная, многоопорная, электрифицированная, кругового перемещения, с забором воды от закрытой оросительной сети или из скважины	
Привод передвижения машины	Электромеханический, реверсивный, индивидуальный для каждой тележки, от мотор-редуктора	
Источник питания	Внешняя трехфазная сеть с глухозаземленной нейтралью номинальным напряжением 380 В, 50 Гц	
Скорость движения последней тележки, регулируемая в пределах, м/с, (м/мин)	1,6·10 ⁻³ (0,1) – 30,0·10 ⁻³ (1,8)	
Дорожный просвет, мм, не менее	450	
Расстояние от поверхности земли до нижнего пояса металлоконструкции, м	2,7	2,8–2,9
Механическая повреждаемость растений, %, не более	1,0	
Способ дождевания	В движении машины по кругу по направлению и против направления движения часовой стрелки	
Тип водопроводящего трубопровода	Секционный, ферменной конструкции	
Диаметры водопроводящего трубопровода, мм	159	219, 203, 168, 159, 133
Диаметры труб консоли, мм	133	133, 114, 108, 89
Длины пролетов, м	48,7	48,7; 53,7; 59,5; 65,25
Количество опорных тележек, шт.	1–10	1–10 (8 пролетов по 65,25 м и консоль 31 м)
Максимальная длина машины, м (с консолью 31 м)	518	553
Диаметры стояка неподвижной опоры, мм	168, 203	168; 203; 219; 244,5; 273
Колесная база	3700	3700, 4200
Максимальная длина консоли, м	31	31
Расход воды при нулевом общем уклоне, л/с	До 90	
Давление воды на входе в машину при длине 500 м, МПа	0,43	
Колеса самоходных тележек	Пневматические, камерные по два колеса на каждой тележке	
Мотор-редукторы	УМС	
Колесные редукторы самоходных тележек, тип	Червячные	
Расположение органов оперативного управления	Щит управления на неподвижной опоре; дистанционный пульт управления внешней оросительной системы	
режимы работы машины GSM-управление	В движении с поливом; в движении без полива (перегон) опция	
Режимы движения машины	Непрерывный; старт-стопный (программный)	
Интенсивность дождя средняя, мм/мин, не более	0,66	
Норма полива за проход (в пределах регулирования), м ³ /га	95–600	
Минимальное время полного оборота машины, ч, при максимальной длине 500 м	32,8	



Эксплуатационно-технологические показатели

Показатель	Значение по	
	ТУ	данным испытаний
Состав агрегата	ДМ «Кубань-ЛК1М»+оросительная сеть	
Режим работы:		
Расход воды, л/с	До 90	72,5
Давление в начале водопроводящего трубопровода, МПа	0,43	0,43
Давление в конце водопроводящего трубопровода, МПа	–	0,29
Норма полива, м ³ /га	95-600	580
Производительность за 1 с, га/ч: основного времени; сменного времени; эксплуатационного времени	Не более 3,5 – То же	0,45 0,44 0,42
Удельный расход топлива за время сменной работы, кг/га	–	0,89
Эксплуатационно-технологические коэффициенты: технологического обслуживания; надежности технологического процесса; использования сменного времени; использования эксплуатационного времени	0,98 0,97 – 0,90	1,0 1,0 0,97 0,93
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Показатели качества выполнения технологического процесса: скорость движения машины, м/ч	До 110	10
Коэффициент эффективного полива, не менее	0,7	0,86
Средний слой осадков за проход, мм	6–70	57,5
Площадь орошения с одной позиции, га		60,7
Рабочая длина захвата, м		440
Средний диаметр капель, мм, не более	1,5	0,8

Таблица 3

Показатели надежности ДМ

Показатель	ТУ	Данные испытаний
Наработка, ч основной работы	–	600
Общее количество отказов		Нет
Наработка на отказ общая, ч	Не менее 150	Более 600
Коэффициент готовности	Не менее 0,98	1,0
Оценка приспособленности машины к ТО		
Трудоемкость ежесменного ТО, чел.-ч	–	0,25
Оперативная трудоемкость ежесменного ТО, чел.-ч	–	0,23
Удельная суммарная трудоемкость ТО, чел.-ч/ч	–	0,084
Удельная суммарная оперативная трудоемкость ТО, чел.-ч/ч	–	0,076
Оценка приспособленности машины к Тр		
Удельная суммарная трудоемкость устранения отказов и повреждений, чел.-ч/ч	–	Нет
Удельная суммарная оперативная трудоемкость устранения отказов повреждений, чел.-ч/ч	–	Нет



Заключение. Полученные результаты исследований позволят определить направление совершенствования существующих широкозахватных дождевальных машин кругового действия и вести разработку новой высокоэффективной техники полива, обеспечивающей экономию водных, земельных, материальных, энергетических и трудовых ресурсов с высокой производительностью и качеством полива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдразаков Ф.К., Журавлева Л.А., Соловьев В.А. Рациональное снижение металлоемкости при конструировании широкозахватных дождевальных машин // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 5. – С. 37–42.
2. ГОСТ ИСО 8224-1-2004. Машины дождевальные подвижные. Часть 1. Эксплуатационные характеристики и методы лабораторных и полевых испытаний. – М.: Стандартинформ, 2004. – 29 с.
3. ГОСТ 24059–88. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технической оценки транспортных средств на этапе испытаний. – М.: Стандартинформ, 1988. – 48 с.
4. Есин А.И., Соловьев Д.А., Журавлева Л.А. Математическое моделирование водопроводящего пояса дождевальных машин // Научная жизнь. – 2017. – № 9. – С. 20–28.
5. Журавлева Л.А., Попов А.С. «Кубань-ЛК1М» (КАСКАД) – Российская дождевальная машина нового поколения // Исследования в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2016. – С. 123–130.
6. Колганов А.В., Сухой Н.А., Шкура В.Н. Развитие мелиорации земель сельскохозяйственно-

го назначения в России. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 222 с.

7. Ольгаренко Г.В. Реализация программы импортозамещения в области производства техники полива в Российской Федерации // Мелиорация и водное хозяйство. – 2018. – № 1. – С. 44–47.

8. Руководство по эксплуатации. Техническое описание и инструкции. Машина дождевальная электрифицированная круговая «Кубань-ЛК1М» (КАСКАД). – Саратов, 2016. – 121 с.

9. Руководство по эксплуатации. Техническое описание и инструкции. Машина дождевальная электрифицированная круговая КАСКАД. – Саратов, 2017. – 133 с.

10. Технические условия ТУ 4734-002-26833660-2016. Дождевальная машина электрифицированная круговая «Кубань – ЛК1М» (КАСКАД). – Саратов, 2016. – 29 с.

11. Технические условия ТУ 4734-002-26833660-2016. Дождевальная машина электрифицированная круговая КАСКАД. – Саратов, 2017. – 33 с.

Соловьев Дмитрий Александрович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

Журавлева Лариса Анатольевна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.

Тел.: (8452) 74-96-63.

Ключевые слова: дождевальная машина; полив; конструкция; ресурсы; экономия.

RESOURCE SAVING IN THE DESIGN AND OPERATION OF SPRINKLERS OF CIRCULAR ROTATION

Solovyov Dmitriy Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the chair "Technosphere Security and Transport-technological Machines", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Zhuravleva Larisa Anatolievna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Technosphere Safety and Transport-technological Machines", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: sprinkler; irrigation; design; resources; savings.

The article considers the evaluation criteria of circular sprinkler machines. The scheme of formation of the concept of the machine in the design is given. The indicators of quality level are presented.

