

Имрих Окенка, Ян Симоник, Микулаш Латечка

Словацкая сельскохозяйственная академия Нитра

УДК 631.67:631.171

## **Моделирование процесса механизированного орошения дождеванием**

*Статья посвящена моделированию процесса орошения дождеванием на землях Словакии. Приведены результаты исследований по повышению эффективности использования дождевальной техники в условиях Словакии. С применением многовариантного моделирования процесса орошения рассмотрены меры по улучшению организации обслуживания дождевальной техники и повышению надежности ее работы; установлены показатели качества дождевания и ограничения по концентрации техники.*

*The article is about of modeling of the process of mechanized irrigation by drizzling on Slovakian soils. The investigation results for efficiency increase of rain-making equipment in Slovakian conditions are adduced. Under applying of many-version modeling of the irrigation process it has been considered the measures for improvement of organization of rain-making equipment services and increase of its work reliability. It has been stated the indices of drizzling quality and restriction of equipment concentration.*

Несоответствие между суммой осадков и количеством влаги, необходимым растениям, особенно значительно в южных и восточных районах Словакии. В этих районах среднегодовое количество осадков составляет менее 500 мм. Для обеспечения оптимального содержания влаги в почве и получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур здесь необходимо дополнительное орошение.

На почвах Словакии работает 580 широкозахватных «Фрегат» и «Сигматик», а также 16000 ленточных дождевальных машин.

Содержательное описание концентрирует сведения о характеристиках элементарных явлений исследуемого процесса орошения дождеванием, о степени и характере взаимодействия между ними, о месте и значении каждого элементарного явления в общем процессе функционирования рассматриваемой системы.

Содержательное описание процесса механизированного полива дождеванием приводится в общем виде, оно подходит для всех рассматриваемых дождевальных машин.

Для механизированного орошения дождеванием предназначена группа дождевальных машин. Они начинают работать последовательно по мере их подготовки (широкозахватные дождевальные машины запускают каждую самостоятельно, ленточные — от одного гидранта).

С начала рабочей смены каждая машина работает до тех пор, пока не окончен один полив (круг, полоса...).

В процессе работы могут возникать отказы, вызванные поломками и разрегулировками.

После устранения отказов машина продолжает работу до окончания одного полива. Затем машина автоматически прекращает подачу воды (ленточные) или поливальщик закрывает гидрант (широкозахватные). Машина ожидает транспортное средство для ее перемещения на другую позицию. Для транспортировки дождевальных машин предназначен колесный трактор: класса тяги 0,6 т — для ленточных машин; колесный трактор с электростанцией — для ДФ 120 «Днепр»; энергонасыщенный колесный трактор — для ДМ «Фрегат».

В начале моделируемого периода все тракторы находятся на поле, ожидая окончания полива.

Дождевальная машина переводится в транспортное положение. Если в момент окончания полива трактор находится на месте, то он подъезжает к машине и перемещает ее на другую позицию. Если возникает прекращение подачи электроэнергии, то поливальщик закрывает постепенно все гидранты.

Если в момент окончания полива на поле нет ни одного трактора, машины простаивают до тех пор, пока не появится трактор, способный обслужить дождевальную машину.

Если в момент, когда трактор свободен и его обслуживания ждет одна машина, то этот трактор обслуживает ее.

Если обслуживания ждет несколько машин, освободившийся трактор обслуживает машину, простаивающую дольше других.

Если не простаивает ни одна дождевальная машина, то простаивает трактор до момента окончания полива одной из машин.

Принципиальная схема цикла обслуживания показана на рисунке.

Способ функционирования «системы работы дождевальных машин» рассматривается посредством моделирующего алгоритма. Длина моделируемого периода определяется на основе требуемой точности получаемых результатов и с учетом расхода машинного времени ЭВМ. Математическая модель процесса орошения дождеванием должна быть построена таким образом, чтобы было возможно анализировать работу как отдельной машины, так и всего их комплекса.

Работу дождевальных машин в течение процесса орошения возможно характеризовать следующими величинами: длина интервала между двумя отказами  $T(БР)$ ; время устранения отказа  $T(УО)$ ; время на полив условное  $T(УСЛ)$ ; время перевода машины из рабочего в транспортное положение  $T(РТ)$ ; время перемещения машины на следующую позицию  $T(ПЕР)$ ; время регулирования  $T(Р)$  и время на техническое обслуживание; время перевода машины из транспортного в рабочее положение  $T(ТР)$ ; расстояние перемещения  $L(T)$ ; время на пуск  $T(ПМ)$  и на остановку машины  $T(ОМ)$ .

Время устранения отказа  $T(УО)$  считается случайной величиной, заданной законом распределения.

Моделирование отказов в работе машин можно осуществить следующим путем. Пусть  $t(j, H)$  — момент начала обслуживания  $j$ -й заявки. Найдем случайное число  $T(P)$  с помощью заранее известной нам функции распределения  $P(t)$  и сравним момент начала обслуживания  $t(j, H)$  с моментом начала отказа  $t(П)$ .

Иногда удается построить удобные моделирующие алгоритмы, интерпретируя отказ и ремонт как обслуживание фиктивной заявки с момента начала обслуживания  $t(П)$  и длительности обслуживания  $T(УО)$ . Весь период времени, пока обслуживаемая машина ремонтируется,

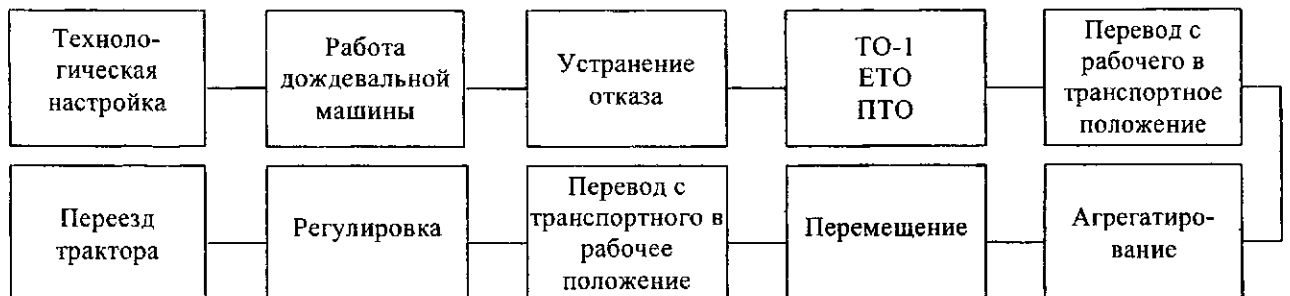


Рис. Принципиальная схема цикла обслуживания дождевальных машин

считается фиктивно занятым.

Отрезок этого времени (отказ в работе машин) можно при моделировании рассматривать следующим образом: проверим условие  $E > 0$ , ( $E = T(\text{БР}) - T(\text{УСЛД})$ ). Смысл этого условия состоит в следующем: если  $E = 1$ , значение перебой  $T(\Pi)$  уже сформулировано и записано в памяти вычислительной машины, оно может быть выбрано из нее. Если  $E = 0$ , величину  $T(\Pi)$  предстоит сформулировать с помощью оператора «формирование случайного числа». Формирование случайных чисел можно обеспечить специальной электронной приставкой к вычислительной машине — датчиком случайных чисел, или получением так называемых «псевдослучайных чисел» непосредственно на вычислительной машине при помощи специальных программ. Выполнение работы продолжается проверкой условия  $T(\Pi) > T(\text{СВ})$ , где  $T(\text{СВ})$  обозначает, что машина освободилась и продолжает работу. Если это условие окажется невыполненным (перебой в работе дождевальной машины происходит после окончания обслуживания), то, во-первых, заявка может быть повторно обслужена, а, во-вторых, значение  $T(\Pi)$  нужно записать в память, так как оно пригодится при рассмотрении последующих заявок. В памяти ЭВМ подсчитываются числа устраненных отказов и их общая сумма времени.

При условии, что  $T(\Pi) < T(\text{СВ})$  имеются две возможности:

во-первых, перебой машины произошел до начала работы и надо учесть время ее ремонта, во-вторых, перебой произошел в процессе работы, и тогда в работе произошел отказ. Считается число отказов, формируется длительность восстановления (устранения отказа)  $T(\text{УО})$ , подсчитывается момент готовности к работе  $t(\Gamma P)$ . Наконец, проверяется условие  $t(\Gamma P) < T(\text{О})$ , где  $T(\text{О})$  обозначает время, затраченное на ожидание дождевальной машины для устранения отказа.

Описание этого подалгоритма можно в дальнейшем использовать при получении алгоритма для моделирования процесса орошения дождевальными машинами. Этот процесс является системой массового обслуживания с ненадежными элементами.

В результате моделирования были определены основные показатели, характеризующие рассматриваемую систему (коэффициенты простоя дождевальных машин и тракторов, часовую, сменную и сезонную производительности дождевальных машин, приведенные затраты на орошение дождеванием ( $C(\Pi P)$ ) в зависимости от поливной нормы и площади орошаемого участка.

На основе анализа различных типоразмеров дождевальных машин установлены перспективные широкозахватные машины кругового и фронтального действия и ленточные машины типа «Сигма». Обобщение ранее выполненных исследований по машинам «Сигма», «Днепр» и специально проведенные исследования по машине «Фрегат» ДМ-394-80 позволили установить значение основных показателей качества дождевания: соответственно коэффициент альфа  $\text{ЭФ} = 0,49-0,62$ ;  $0,31-0,53$  и  $0,52-$

$0,59$ , интенсивность орошения  $0,027$ ;  $0,3$  и  $0,63$ .

Таким образом, по коэффициенту равномерности и интенсивности орошения испытанные машины приближаются к удовлетворению агротехнических требований за исключением машины «Фрегат» модификации ДМ-394-80, которая на 50% превышает номинальные значения интенсивности. Исходя из этого, в условиях сельскохозяйственных предприятий западнословачского края по качественным показателям могут быть использованы машины «Сигма», «Днепр» и модификации «Фрегат» с расходом воды не более 70 л/с.

Для эффективного использования дождевальной техники большое значение имеют показатели надежности и затраты времени на обслуживание. Получены эксплуатационные показатели дождевальных машин «Сигма» ПП-67, «Фрегат» ДМ-394-80, «Днепр» ДФ-120 для условий Словацкой республики и разработаны способы их повышения. На основе экспериментальных исследований определены временные показатели использования дождевальной техники, в том числе для машин «Сигма» ПП-67, «Фрегат» ДМ-394-80, «Днепр» ДФ 120 соответственно: продолжительность безотказной работы 61,9; 23,7 и 15,9 ч; время устранения отказа 1,1; 3,2 и 1,2 ч; время на перемещение машины 0,1; 0,7 и 0,28 ч; время перевода машины из рабочего в транспортное положение 0,29; 2,1 и 0,14 ч; и обратно соответственно 0,3; 1,9 и 0,1 ч; скорость перемещения машины 8,8; 3,7 и 9,4 км/ч.

На основе результатов многовариантного моделирования процесса орошения дождеванием были установлены показатели концентрации техники и оптимальные размеры площадей орошения группами дождевальных машин по критерию минимума приведенных затрат  $C(\Pi P) = f(m(\Phi), F(\Gamma)) \rightarrow \text{MIN}$ . Оптимальной является групповая работа 12-14 машин «Сигма» ПП-67 на площади поливного участка 30-50 га; 6 машин «Фрегат» ДМ-394-80 на 300 га; 8 машин «Днепр» ДФ-120 на площади 400 га.

## Литература

1. Hennyeyová, K.: Optimalizácia využívania závlahových sústav //: Zborník vedeckých prác z Medzinárodných vedeckých dní '97. — Nitra, 1997. — S. 270-274.
2. Látečka, M., — Simonik, J., — Okenka, I., — Gomboš J.: Rovnomernost postreku širokozábĕrových závlahových strojov s pivotom // Úloha meliorácie v súčasnom poľnohospodárstve. — Banská Bystrica DTĚSVTS, 1988. — S.67-72.
3. Okenka, I., — Simonik, J.: Hodnotenie ekonomickej efektívnosti závlahovej techniky // Acta oeconomica et informatika. — 1999. — roč. 2. — č.1. — S.8-11.
4. Okenka, I., — Simonik, J.: Matematický model procesu riadenia závlahového detailu // Acta oeconomica et informatika. — 1988. — roč. 2. — č.1. — S.26-28.
5. Simonik, J.: Stochastické viacvariantné modelovanie procesu zavlažovania. In: Vedecké práce výskumného ústavu závlahového hospodárstva v Bratislave. — 1997. — roč. 23. — S.199-212.