

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ И МЕХАНИЗАЦИЯ

УДК 626.86: 624.059.3

### ПЛАНИРОВАНИЕ ОЧЕРЕДНОСТИ РЕМОНТА ЭЛЕМЕНТОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ПО НАДЕЖНОСТИ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

**Е.А. Лукьянова**, старший научный сотрудник  
Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси

Элементы мелиоративных систем имеют различное функциональное назначение. В процессе эксплуатации происходит износ и старение составляющих мелиоративные системы элементов, и они не могут в полной мере выполнять первоначально заданные им функции. В итоге мелиоративные системы с течением времени не обеспечивают проектное регулирование водного режима, что отрицательно сказывается на продуктивности мелиорированных земель. В таких случаях для восстановления свойств мелиоративных систем необходимо проводить работы по ремонту отдельных элементов. Обоснование выбора объектов для этих работ позволит повысить эффективность использования имеющихся финансовых ресурсов.

Ухудшение состояния отдельных элементов в процессе эксплуатации происходит не одновременно и не в равной степени. Поэтому их ремонт следует производить в разные сроки. Задача планирования очередности ремонта элементов заключается в выборе такой очередности работ, при которой будет происходить наиболее эффективное восстановление функционирования мелиоративной системы в целом. Иначе говоря, необходимо найти такую очередность ремонта элементов, при которой предыдущий ремонт повышал бы надежность мелиоративной системы на большую величину, чем последующий.

Надежность функционирования отдельных элементов системы ( $P$ ) с использованием методов теории вероятностей и математической статистики [1-7] определяется выражением:

$$P = \frac{m}{n}, \quad (1)$$

где  $m$  – число случаев удовлетворительного выполнения заданной функции элементом;

$n$  – число всех рассматриваемых случаев работы элемента.

В мелиоративных системах разные элементы выполняют разнородные функции, и их надежности, вычисляемые по формуле (1), обусловлены их назначением и определяются по разным параметрическим критериям. Например, регулирующая сеть проектируется на понижение уровней грунтовых вод до нормы осушения за заданное время. Если понижение УГВ произойдет за более длительный срок, то этот случай следует отне-

сти к отказу. Критерием надежности работы регулирующей сети в этом случае является время понижения УГВ. Для проводящего канала критерием надежности является пропуск по нему расхода расчетной обеспеченности при заданном уровне воды в канале (запас по отношению к бровкам на наиболее пониженной территории). Если этот запас оказывается меньше, то случай работы канала относится к отказу. В первом и втором примерах при одинаковой надежности, полученной по своим параметрическим критериям, рассмотренные элементы будут по-разному влиять на водный режим мелиорируемой территории.

Кроме этого, разные элементы или однотипные, но расположенные не в одинаковых почвенных и топографических условиях на территории мелиоративной системы, будут влиять на разные по площади участки. Поэтому при одинаковой надежности функционирования будут иметь разное значение в формировании водного режима всей системы.

Приведенные причины не позволяют определить надежность работы всей мелиоративной системы, используя оценку надежности элементов по разнородным параметрическим критериям. Чтобы это сделать, необходимо связать параметрическую надежность элемента, обусловленную его назначением, с надежностью функционирования всей системы. В связи с этим предлагается под надежностью мелиоративной системы принять вероятность получения проектного (или заданного) среднесезонного объема растениеводческой продукции со всей площади объекта, а за надежность отдельных элементов – вероятность получения проектных (или заданных) объемов продукции с площадями, на которые распространяется их влияние. Таким образом, оценку надежности системы и отдельных элементов предлагается производить по единому критерию – среднесезонному объему продукции, который можно получить с площадей их влияния при рассматриваемом техническом состоянии. При этом надежность получения урожая от функционирования отдельных элементов ( $P_j$ ) может быть определена по уравнению:

$$P_j = 1 - \frac{\Delta y_i}{y_0}, \quad (2)$$

где  $\Delta y_i$  – снижение урожайности на  $i$ -м участке от ухудшения функционирования элемента;

$y_0$  – среднесезонная урожайность при исправно функционирующем элементе.

Надежность получения объема продукции (долевая)  $j$ -го элемента выражается уравнением:

$$P_{\text{в}} = \left( 1 - \frac{\Delta y_i}{y_0} \right) \cdot S_j, \quad (3)$$

где  $S_i$  – относительная площадь  $i$ -го участка, на которую оказывает влияние неисправный элемент  $j$ .

Относительная площадь, входящая в уравнение (3), определяется по формуле:

$$S_i = \frac{f_i}{F}, \quad (4)$$

где  $f_i$  – площадь  $i$ -го участка;

$F$  – вся площадь мелиоративной системы.

Всю площадь мелиоративной системы можно представить состоящей из суммы участков  $f_i$ , на которые оказывают влияние отдельные элементы  $j$ . При этом определяется надежность события, за которое принято получение заданного объема продукции. Общий объем продукции с объекта равен сумме объемов с отдельных участков. Исходя из теории вероятностей, надежность функционирования всей мелиоративной системы, определяемая по критерию – объему получаемой продукции, может быть представлена уравнением [1, 8]:

$$P_B = \sum_{i=1}^n P_j \cdot S_i = P_1 \cdot S_1 + P_2 \cdot S_2 + \dots + P_n \cdot S_n, \quad (5)$$

где  $n$  – количество всех участков.

По уравнению (5) можно определить надежность системы, когда на каждый участок влияет только один элемент. В реальности на него может оказывать влияние несколько элементов. В таком случае за расчетную надежность принимается минимальная из надежностей, влияющих на участок элементов [7]. В общем случае уравнение для определения надежности системы получено в следующем виде [8]:

$$P_B = \sum_{i=1}^n P_{i(a\dots j)\min} \cdot S_i, \quad (6)$$

где  $P_{i(a\dots j)\min}$  – минимальное значение из надежностей всех элементов  $(a\dots j)$ , влияющих на  $i$ -ый участок.

Неисправные элементы до ремонта будут иметь надежность  $P_j < 1$ , а после ремонта  $P_j = 1$ . Для определения элемента, подлежащего ремонту первым, следует уравнение (6) решить на максимум, последовательно перебирая все элементы, подставляя вместо фактического значения надежности ( $P_j < 1$ ) надежность  $P_j = 1$ , которой он будет обладать после ремонта. Элемент, которому будет соответствовать максимальное значение надежности системы после его ремонта, следует планировать ремонтировать первым. В дальнейшем надежность элемента, принятого к ремонту, сохраняется равной 1. Затем вновь уравнение (6) решается на максимум. Так, последовательно, находятся очередности ремонта других элементов.

В качестве примера практического использования данной методики приведен расчет очередности ремонтов элементов мелиоративной системы «Турья» Узденского района Минской области.

Надежность элементов мелиоративной системы можно определять различными способами. Оценка параметрической надежности некоторых элементов с использованием методов теории вероятностей и математической статистики приводится в [5-7]. В рассматриваемом случае надежность элементов определялась экспертным путем с учетом зависимости (2) и результатов обследования мелиоративной системы «Турья».

Результаты расчета очередности ремонтов по уравнению (6) сведены в таблицу, из которой видно, что ремонт первых двух элементов увеличивает надежность системы приблизительно на 10% (с 0,7022 до 0,8028), а ремонт первых шести элементов – на 21% (с 0,7022 до 0,9134) и т.д.

**Очередность ремонтов неисправных элементов мелиоративной системы «Турья»\***

Номер очереди ремонта неисправного элемента	Индекс (номер) неисправного элемента	Наименование неисправного элемента, его месторасположение	Надежность неисправного элемента (экспертная оценка)	Надежность системы после ремонта элемента
1	9	Труба на МК Т-1, ПК 13 + 50	0,20	0,7394
2	2	Магистральный канал Т-1, ПК13+50–ПК25	0,44	0,8028
3	5	Канал Т-1-1, ПК 0 – ПК 10 + 50	0,80	0,8398
4	1	Магистральный канал Т-1, ПК0–ПК13+50	0,44	0,8632
5	15	Дренаж в водосборе МК Т-1, ПК7–ПК13+50	0,70	0,8902
6	16	Дренаж в водосборе МК Т-1, ПК13+50–ПК25	0,85	0,9134
7	13	Труба на к-ле Т-1-5, ПК 0 + 10	0,75	0,9360
8	7	Канал Т-1-5, ПК 0 – ПК 4 + 30	0,85	0,9558
9	6	Канал Т-1-3, ПК 0 – ПК 7 + 30	0,92	0,9712
10	3	Магистральный канал Т-1, ПК25–ПК27+50	0,89	0,9802
11	11	Труба на к-ле Т-1-1, ПК 0 + 20	0,72	0,9891
12	8	Канал Т-1-2, ПК 0 – ПК 4 + 80	0,92	0,9932
13	4	Магистральный канал Т-1, ПК27+50–ПК34	0,96	0,9964
14	10	Труба на МК Т-1, ПК 27 + 50	0,77	0,9984
15	12	Труба на к-ле Т-1-3, ПК 0 + 20	0,72	1,0000

\* Исходная надежность системы до ремонта элементов – 0,7022

Предлагаемая методика позволяет планировать очередность ремонта элементов мелиоративных систем с учетом различной роли отдельных элементов в формировании водного режима и урожайности.

**Литература**

1. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. – М.: Радио и связь, 1983. – 416 с.
2. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Л. Математические методы в теории надежности. – М.: Наука, 1965. – 524 с.
3. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем. – М.: Мир, 1980. – 606 с.
4. Козлов Б.А., Ушаков И.А. Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики. – М.: Советское радио, 1975. – 470 с.
5. Мирцхулава Ц.Е., Зюбенко С.Ш. Планирование ремонта мелиоративных объектов с позиции теории надежности. // Гидротехника и мелиорация. – 1979. – №6. – С. 45-47.
6. Мирцхулава Ц.Е. Методика количественной оценки состояния и риска наступления опасности на землях, подверженных опустыниванию. //Метеорология и гидрология. – 2003. – №9. – С. 71-81.
7. Мирцхулава Ц.Е. Надежность систем осушения. – М.: Агропромиздат, 1985. – 239 с.
8. Лукьянова Е.А. Методика расчета надежности функционирования мелиоративных систем. // Мелиорация переувлажненных земель. – 2004. – №1(51). – С. 34-40.

**Резюме**

Приводится методика определения очередности ремонта элементов мелиоративной системы с учетом различной роли отдельных элементов в формировании водного режима и урожайности. Прежде всего предусматривается ремонтировать элементы, которые обеспечивают максимальное повышение надежности функционирования всей мелиоративной системы.

**Ключевые слова:** надежность, элемент мелиоративной системы, эксплуатация, ремонт, урожайность.

**Summary**

***Lukyanova E. Planning of repair sequence for elements of reclamative systems on the basis of their reliability***

The procedure for determination of repair sequence of elements of a reclamative system with due account of different importance of individual elements in provision of a water regime and yielding capacity is offered. First of all, it is offered to repair the elements which provide maximum increase in operational reliability of a whole reclamative system.

**Keywords:** reliability, element of a reclamative system, operation, repair, yielding capacity.