

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ КАПЕЛЬНИЦ РАЗНОЙ КОНСТРУКЦИИ ПО ДАННЫМ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Меддур Ахмедсалахеддин

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно, Украина, salah11dz@yahoo.fr

These issues concerning the reliability of droppers for irrigation that were explored in the hydraulics laboratory NUWMNRU, to determine the distribution of the number of failures of droppers for irrigation .

Введение

В настоящее время, проектирование объектов гидромелиоративных систем базируется на детерминистических зависимостях. Значительная часть этих зависимостей используется в практике. При этом определяющий параметр которых характеризует трудоспособность системы и часто является функцией нескольких аргументов X_i

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_n). \quad (1)$$

Нередко природа аргументов X_1, X_2, \dots, X_n такая, что они являются не детерминистическими, а случайными величинами. В этом случае значения функции также являются случайными величинами, которые имеют соответствующую вероятность.

Основная часть

Очевидно, что получение определяющего параметра Y с определенной вероятностью дает соответствующую гарантию непревышения, тогда как детерминистические параметры и методы их расчетов такой гарантии не дают. Если детерминистические зависимости построены на базе достаточного количества исследовательских данных, то значение функции при соответствующих значениях аргументов будет равно математическому ожиданию

$$m_y = F(m_{x_1}, m_{x_2}, \dots, m_{x_n}). \quad (2)$$

Аналитические детерминистические зависимости можно использовать для оценок средних квадратичных отклонений функции.

Анализ величин расходов воды q за время t показал, что их колебание в опытах обусловлено физическими причинами. Учитывая то, что в каждом режиме работы давления были постоянными, а расходы воды с колебанием значений q медленно уменьшались за время, то на оси времени можно выделить часть функции $q(t)$, которую можно рассматривать как стационарную и нестационарную часть этой функции. Любая случайная функция $X(t)$ называется стационарной, если ее математическое ожидание и дисперсия являются постоянными величинами, а автокорреляционная функция зависит только от разности моментов времени, для которых берут ординаты случайной функции. В случае, если ординаты случайных функций подчиняются нормальному закону, то эти функции называются нормальными. Для поиска законов распределения количества отказов капельных водовыпусков N , как стационарной, так и нестационарной части функции $N(T)$, использовали метод статистического моделирования.

Суть метода базируется на центральной предельной теореме и неравности Чебышева, согласно которой выходит следующее. Если некоторая величина X является суммой большого количества взаимно независимых случайных величин x_1, x_2, \dots, x_n , влияние каждой из которых на всю сумму очень мало, то эта величина имеет распределение, близкое к нормальному. Это позволяет использовать не любые числа, а случайные числа нормального распределения.

Подобрать тип теоретического распределения случайных величин можно с помощью сеток вероятностей. Так, для нормального закона распределения, расчетным уравнением прямой для построения графика функции распределения является зависимость [1]

$$U_F = 1/\sigma_x (x - a), \quad (3)$$

где σ_x и a – параметры нормального распределения; U_F – квантиль функции $F(x)$ в точке x .

Если эмпирическая функция распределения аппроксимируется нормальным законом, то на графике $y = 1/\sigma_x (x - a)$ точки, которые исследуются $F(x)$, будут размещаться возле прямой с угловым коэффициентом $1/\sigma_x$ [1].

При каждом режиме работы капельниц выделялся период, в пределах которого можно было считать, что колебание расходов q – стохастичный процесс изменения случайных значений во времени.

Были проведены лабораторные исследования расходно-напорных характеристик капельниц в лаборатории гидравлики НУВХП, которые на сегодня используются в мире и в Украине: 1-Silver drip; 2-T-tape; 3-Aqua traxx – не компенсированные типы капельниц (при изменении давления внутри трубки капельного орошения, расход воды изменяется). Было исследовано 70 капельниц Silver drip, 55 капельниц Aqua traxx, 55 капельниц T-tape. Опыт проводился в эксплуатационных режимах: без промывки; с промывкой и добавлением минеральных удобрений при разных рабочих давлениях (1,05–0,41 бар).

Для установления типа теоретического закона распределения надежности капельных водовыпусков, использовали специальную программу на ЭВМ для определения теоретических законов распределения случайных величин. В основе данной программы имеется заложенный расчет данных для определения теоретического закона распределения, построение графиков теоретического закона распределения случайной величины на сетке вероятностей, а также оценка аппроксимации исследовательских данных. Нанесение точек эмпирической функции распределения на вероятностные сетки показало, что наилучшим вариантом, в нашем случае, есть нормальное распределение (см. рис. 1, 2 на примере капельниц Aqua traxx).

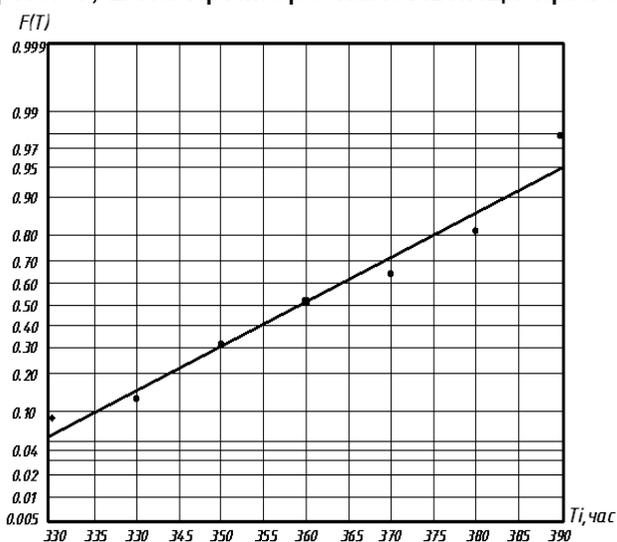


Рисунок 1 – Сетка достоверности и график функции распределения надежности капельниц Aqua traxx при давлении 0,41 бар для нормального закона распределения при эксплуатационном режиме без промывки

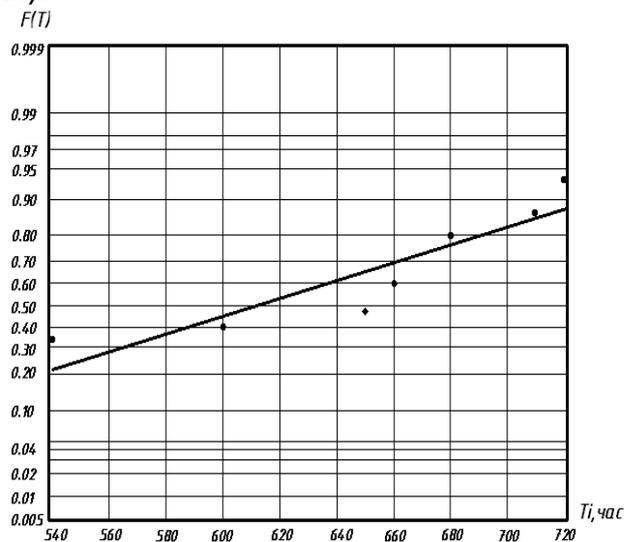


Рисунок 2 – Сетка достоверности и график функции распределения надежности капельниц Aqua traxx при давлении 0,41 бар для нормального закона распределения при эксплуатационном режиме с промывкой и добавлением минеральных удобрений

Значение эмпирической функции распределения случайной величины отказов в точках определяем по формуле [1, 2]

$$F_e(T_i) = \frac{A_i}{N + 1}, \quad (4)$$

где N – общее количество отказов капельниц; A_i – накопленная частота.
В нашем случае [1, 2]

$$A_i = \sum_{j=1}^k n_j, \quad (5)$$

где n_j – частота величины T_j в возрастающем вариационном ряде; k – порядковый номер величины T_j в возрастающем вариационном ряде.

Результаты расчетов приведены в табл. 1, 2.

Из табл. 1 и рис. 1 видно, что максимальная разница между эмпирической и теоретической функциями распределения $D_{\max} = 0,081$ наблюдается при $T = 370$ часов, и также из табл. 2 и рис. 2 – максимальная разница между эмпирической и теоретической функциями распределения $D_{\max} = 0,191$ наблюдается при $T = 370$ часов.

Заключение

Обработанные данные лабораторных исследований работы капельниц Silver dripe, Aqua traxx, t-tape показали, что на уровне значимости $\alpha=0,1$ по критерию Колмогорова все графики зависимостей $N(T)$ можно аппроксимировать нормальным распределением, а коэффициенты вариации расходов капельниц зависят от режимов работы капельниц и их продолжительности.

Таблица 1 – Расчетные данные для определения теоретического закона распределения надежности капельных водовыпусков при эксплуатационном режиме без промывки

№ п/п	T_i , час	n_i	A_i	$Fe(T)$	$F_T(T)$
Aqua traxx при давлении 0,41 бар					
1	330	4	4	0,085	0,058
2	340	2	6	0,128	0,151
3	350	9	15	0,319	0,311
4	360	9	24	0,511	0,517
5	370	6	30	0,638	0,719
6	380	8	38	0,809	0,868
7	390	8	46	0,979	0,951
Оценка по критерию Колмогорова $D_m = \max Fe(T) - F_T(T) \leq A(N; \alpha)$; $D_m = \max Fe(370) - F_T(370) = 0,638 - 0,719 = 0,081$; $A(N; \alpha) = A(46; 0,10) = 0,177$					

Таблица 2 – Расчетные данные для определения теоретического закона распределения надежности капельных водовыпусков при эксплуатационном режиме с промывкой и добавлением минеральных удобрений

№ п/п	T_i , час	n_i	A_i	$Fe(T)$	$F_T(T)$
Aqua traxx при давлении 0,41 бар					
1	540	5	5	0,333	0,223
2	600	1	6	0,400	0,450
3	650	1	7	0,467	0,657
4	660	2	9	0,600	0,695
5	680	3	12	0,800	0,765
6	710	1	13	0,867	0,851
7	720	1	14	0,933	0,874
Оценка по критерию Колмогорова $D_m = \max Fe(T) - F_T(T) \leq A(N; \alpha)$; $D_m = \max Fe(650) - F_T(650) = 0,467 - 0,657 = 0,191$; $A(N; \alpha) = A(46; 0,10) = 0,314$					

Список цитированных источников

1. Науменко, И.И. Определение числовых законов распределения случайных величин с работодателем ПОМ / И.И. Науменко, Ю.М. Ерошкин // Гидромелиорация и гидротехническое строительство. – Ровно, 2001. – № 26. – С. 75–83.
2. Науменко, И.И. Надежность сооружений гидромелиоративных систем / И.И. Науменко. – Киев, 1994. – 424 с.