



Бакутяк Е. В.,
Пельх С. Н.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ОБОЛОЧЕК ТЕПЛО ВЫДЕЛЯЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ВОДО-ВОДЯНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РЕАКТОРА

Рассматривая усредненный по тепловыделяющей сборке (ТВС) водо-водяного энергетического реактора мощностью 1000 МВт (ВВЭР-1000) тепловыделяющий элемент (ТВЭЛ), найденное количество ТВЭЛов, для которых вероятность разгерметизации оболочек после 4 лет эксплуатации Хмельницкой АЭС-2 (ХАЭС-2) является наибольшей. Это позволит рассчитывать вероятность разгерметизации оболочек ТВЭЛов и определять наиболее вероятные повреждения оболочки, что позволит улучшить работу и экономические показатели ВВЭР.

Ключевые слова: ВВЭР, оболочка ТВЭЛ, исследование надежности оболочек, Хмельницкая АЭС-2 (ХАЭС-2).

1. Введение

Одна из реальных проблем для создания безопасных и экономичных условий работы энергетических ядерных реакторов — обеспечение надежной работы тепловыделяющих элементов при стационарных и переходных режимах эксплуатации и в аварийных условиях. Надежность ТВЭЛов определяется их способностью удерживать продукты деления и топливо внутри оболочки и не превышать уровня формоизменения, приводящего к существенному ухудшению их охлаждаемости.

Прогнозирование количества поврежденных ТВЭЛов, используя количество лет и условия работы ТВЭЛов, позволит сократить денежные и временные расходы на обслуживание ядерного реактора.

Для примера был проведен расчет вероятности разгерметизации оболочек ТВЭЛов после 4 лет эксплуатации на ХАЭС-2 используя метод, основанный на энергетическом варианте теории ползучести (ЭВТП-метод). До настоящего времени для ВВЭР ХАЭС-2 данный расчет не проводился.

2. Постановка проблемы

Управление процессом накопления поврежденности оболочек должно осуществляться на основе нормативных требований по ограничению количества негерметичных ТВЭЛов в АКЗ, без необоснованно высокой консервативности, ведущей к снижению конкурентоспособности ВВЭР. Управление накопленной в нормальных условиях поврежденностью оболочек ТВЭЛов подразумевает учет требований экономичности эксплуатации ТВЭЛов, а также внедрение мероприятий, обеспечивающих неуклонное снижение удельного веса факторов разгерметизации оболочек.

Рассчитать вероятность разгерметизации ТВЭЛов можно используя метод, основанный на энергетической варианта теории ползучести (ЭВТП-метод). Этот метод позволяет просчитать вероятность наибольшего количества поврежденных ТВЭЛов, опираясь на такие факторы разгерметизации, как механическое взаимодействие топлива с оболочкой при низких глубинах выгорания топлива,

коррозионное растрескивание под напряжением, а также коррозия оболочек в области глубоких выгораний, что в дальнейшем позволит проводить своевременные работы замены или перестановки ТВЭЛов, с поврежденной оболочкой. На основе ЭВТП-метода можно определить вероятность поврежденности оболочек ТВЭЛов ВВЭР-1000 после 4 года эксплуатации на ХАЭС.

3. Анализ литературных данных

По прогнозам НАЭК «Энергоатом» по развитию электроэнергетики Украины, в ближайшие 40 лет генерация электроэнергии на АЭС будет составлять около 50 % от общей генерации, основой ядерной энергетики останутся РУ с реакторами ВВЭР [1].

Развитие ядерной энергетики в Украине связано с переходом на использование реакторов, характеризующихся значительно более строгими условиями эксплуатации ТВЭЛов по сравнению с имеющимися ВВЭР, а также с переводом АЭС на эксплуатацию в маневренном режиме. В настоящее время актуальным является одновременное повышение безопасности, надежности и экономичности эксплуатации реактора типа ВВЭР. Основным параметром, ограничивающим рост эффективности эксплуатации ВВЭР, является герметичность оболочек ТВЭЛов. При достигнутом уровне понимания процесса разгерметизации оболочек ТВЭЛов в нормальных условиях ВВЭР, механизм разгерметизации оболочек примерно в 20 % случаев неизвестен [2].

В нормативных документах не регламентируется изменение поврежденности оболочек ТВЭЛов при нормальных условиях и не описано, как можно управлять этим параметром. Не описывается методика расчета накопленной при эксплуатации ТВЭЛов поврежденности их оболочек, приводящей к разгерметизации оболочек, с учетом последовательности совокупностей условий эксплуатации ТВЭЛов для каждой ТВС [3].

По причине этого на действующих реакторах ВВЭР-1000 НАЭК «Энергоатом» нет технических средств и не предусмотрено процедур для определения места разрушенного ТВЭЛ в ТВС, локализации аксиального

сегмента (АС) оболочки твэла, в котором произошла разгерметизация. На АЭС не ведется запись статистики по локализации областей разгерметизации.

Следовательно, для повышения безопасности, надежности и экономичности эксплуатации твэлов ВВЭР необходимо регламентировать контроль и управление процессом накопления поврежденности оболочек твэлов каждой ТВС в зависимости от последовательности совокупностей условий эксплуатации этой ТВС [4].

4. Расчет надежности оболочек твэлов ВВЭР энергоблока ХАЭС-2

4.1. Исходные данные.

Энергоблок ХАЭС-2 с реактором типа ВВЭР-1000, начало 5-й кампании.

Мощность — 100 %.

Давление — 16 МПа.

Входная температура теплоносителя — 287 °С.

Концентрация борной кислоты в теплоносителе — 0 г/кг.

Координата нижнего края регулирующих стержней 10-й группы ОР СУЗ — 90 %, а регулирующие стержни всех остальных групп ОР СУЗ полностью выведены из АКЗ.

ТВС размещается в течение 4 лет (1460 суток) в ячейке АКЗ № 3.

Все остальные режимные и конструкционные параметры ВВЭР-1000 задавались в соответствии с проектными значениями.

4.2. Обработка исходных данных. Используя программное средство (ПС) «Имитатор реактора» [5], рассчитаны значения коэффициента неравномерности энерговыделения $k_{v,i}$ для 16 аксиальных слоев ТВС № 3 (табл. 1):

$$k_{v,i} = \frac{Q_{i,j}}{\langle Q_j \rangle}, \quad (1)$$

где $Q_{i,j}$ — мощность аксиального сегмента i в ТВС j .

Усредняем значения в табл. 1 по двум соседним и запишем результат в табл. 2.

Коэффициенты неравномерности энерговыделения для аксиальных слоев ТВС № 3

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$k_{v,i}$	0,53	0,91	1,11	1,20	1,24	1,25	1,25	1,23	1,21	1,18	1,15	1,10	1,03	0,92	0,73	0,41

Таблица 2

Усредненные коэффициенты неравномерности энерговыделения для аксиальных слоев ТВС № 3

I	1	2	3	4	5	6	7	8
$k_{v,i}$	0,72	1,155	1,245	1,24	1,195	1,125	0,975	0,57

Используя выражение (1), можно записать аналогичное выражение для средней линейной мощности в i -сегменте и ячейке j :

$$k_{v,i} = \frac{q_{l,i}}{\langle q_l \rangle}, \quad (2)$$

где $q_{l,i}$ — средняя линейная мощность по аксиальному сегменту i ; $\langle q_l \rangle$ — средняя линейная мощность по всем сегментам АКЗ:

$$\langle q_l \rangle = \frac{N_T}{n_{\text{ТВС}} \cdot n_{\text{ТВ}} \cdot l_{\text{ТВ}}}, \quad (3)$$

где $\langle q_l \rangle = 168,5$ Вт/см для $N = 100$ %.

Из выражения (2) следует:

$$q_{l,i} = k_{v,i} \cdot \langle q_l \rangle.$$

Запишем значения $q_{l,i}$ в табл. 3.

Таблица 3

Линейная мощность для аксиальных слоев ТВС № 3

i	1	2	3	4	5	6	7	8
$q_{l,i}$	121,32	194,62	209,78	208,94	201,35	189,56	164,29	96,045

Используя данные табл. 3 представляем распределение линейной мощности по высоте ТВС в виде, необходимом для использования ПС «FEMAXI» [6]:

Таблица 1

$$q_{l,i} = q_l^{\text{max}} \cdot k_i, \quad (4)$$

где q_l^{max} — максимальное значение из табл. 3;

$$k_i = \frac{q_{l,i}}{q_l^{\text{max}}}. \quad (5)$$

Значение k_i приведены в табл. 4.

Таблица 4

Распределение линейной мощности по высоте ТВС

I	1	2	3	4	5	6	7	8
k_i	0,578313	0,927711	1	0,995984	0,959839	0,903614	0,783133	0,457831

В ЭВТП-методе расчета поврежденности оболочки твэла, учитывается влияние последовательности совокупностей условий эксплуатации твэла на накопление поврежденности, а также ползучесть как основной физический процесс накопления поврежденности при частоте нагружения оболочки $\ll 1$ Гц, характерной для реальных режимов эксплуатации ВВЭР [7]. ЭВТП-критерий разгерметизации оболочки записывается в виде:

$$\omega(\tau) = \int_0^{\tau} \sigma_e \cdot \dot{p}_e \cdot d\tau / A_0 = 1, \quad (6)$$

где $\omega(\tau)$ — поврежденность оболочки; A_0 — удельная энергия рассеяния $A(\tau)$ в момент начала разрушения оболочки τ_0 , МДж/м³; $\sigma_e(\tau)$, $\dot{p}_e(\tau)$ — эквивалентное напряжение (Па) и скорость эквивалентной деформации ползучести (с⁻¹), соответственно.

По предельному условию для самого напряженно-го радиального элемента в анализируемом аксиальном сегменте (АС) оболочки находится A_0 :

$$\lim (dA/d\tau)^{-1} \rightarrow 0 \text{ при } \tau \rightarrow \tau_0. \quad (7)$$

Для циркалоя-4 $A_0 = 30$ МДж/м³.

Применение ЭВТП-критерия позволяет значительно снизить неопределенность оценки условий разгерметизации оболочки твэла, что отражается в снижении в 5 раз коэффициента запаса для этого критерия по сравнению с прочностным критерием SC4 [4].

Кроме того, ограничивающий компонент A_0 ЭВТП-критерия не зависит от последовательности совокупностей условий нагружения оболочки, что выгодно отличает ЭВТП-критерий от критерия SC4 и обуславливает целесообразность применения ЭВТП-критерия при прогнозировании надежности оболочек твэлов [8–10].

Принимаем допущения:

1. Рассматривается твэл, усредненный по ТВС ВВЭР-1000 проекта В-320; тип ТВС — ТВС-А; материал оболочки твэла — циркалой-4.

2. Мощность N РУ: 100 % $N_{\text{ном}}$, с постоянной входной температурой теплоносителя $t_{\text{вх}} = \text{const}$ и размещением органов регулирования (ОР) СУЗ в АКЗ по У-алгоритму управления мощностью АКЗ.

Принято, что ТВС в АКЗ не переставляется в течение 4 лет:

1. Используя ПС «Имитатор реактора», при $N = 100$ % $N_{\text{ном}}$ рассчитывались коэффициенты относительной мощности для всех АС всех ячеек выделенного сектора АКЗ.

2. Используя ПС «FEMAXI», ЭВТП-критерий при $A_0 = 30$ МДж/м³, модель коррозии оболочки MATPRO-A, находился наиболее нагруженный АС твэла — АС 6, для АС 6 рассчитывалась поврежденность ω (1460 сут).

5. Метод расчета вероятности разгерметизации оболочек твэлов

Принимаемый предел целостности оболочки $\omega^{\text{lim}} = 30$ %. Принимаем, что интервал разброса значений равен 10 % от $\langle \omega \rangle$, тогда:

$$\Delta\omega = 0,1 \cdot \langle \omega \rangle, \quad \omega \in [\langle \omega \rangle - \Delta\omega; \langle \omega \rangle + \Delta\omega].$$

Графическое представление интервала разброса значений поврежденности представлено на рис. 1.

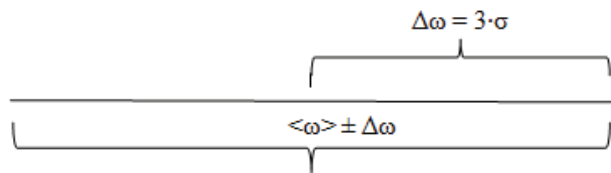


Рис. 1. Интервал разброса значений поврежденности

Используем правило трех сигм нормального закона распределения.

Тогда $\sigma = 0,287 \cdot 0,1/3 \approx 0,01$.

Таким образом, случайная величина поврежденность ω описывается средней величиной $\langle \omega \rangle = 0,287$ и средне-квадратическим отклонением $\sigma = 0,01$.

То есть, все значения поврежденности лежат в диапазоне $2 \cdot \Delta\omega = 5,74$ %.

6. Разброс значений поврежденности

Используя известную формулу для плотности вероятностей нормального закона распределения случайной величины, находим вероятность разгерметизации оболочки усредненного твэла ТВС [11], помещенной в ячейку АКЗ № 3 в течение 4 лет, по выражению:

$$P = \int_{\omega^{\text{lim}}}^{\omega^{\text{max}}} \frac{\exp\left[-\frac{(\omega - \langle \omega \rangle)^2}{2[\sigma(\omega)]^2}\right] \cdot d\omega}{\sigma(\omega)\sqrt{2\pi}}, \quad (8)$$

принимаемый предел целостности оболочки $\omega^{\text{lim}} = 30$ %.

$$\omega^{\text{max}} = \langle \omega \rangle + \Delta\omega.$$

Подставив значения, получим:

$$P = \int_{0,3}^{0,3157} \frac{\exp\left[-\frac{(x - 0,287)^2}{2 \cdot 0,01^2}\right] \cdot dx}{0,01 \cdot \sqrt{2\pi}} = 0,0947.$$

Исходные данные и результате расчета вероятности повреждения оболочки показаны в табл. 5.

Таблица 5

Вероятность P разгерметизации оболочки твэла в ТВС

ω^{lim} , %	$\langle \omega^{\text{rand}} \rangle$, %	$2 \cdot \Delta\omega$, %	ω^{min} , %	ω^{max} , %	σ , %	P
30	28,7	5,74	25,83	31,57	1	0,0947

Суммарное число твэлов в ТВС составляет 312.

Зная вероятность P разгерметизации оболочки усредненного по ТВС твэла, по формуле Бернулли рассчитывается вероятность разгерметизации $k = 10$ твэлов из $n = 312$ твэлов, содержащихся в ТВС, эксплуатировавшейся 4 года в ячейке № 3.

$$P_n(k) = C_n^k \cdot (P)^k \cdot (1-P)^{n-k}, \quad (9)$$

где k — число случаев разгерметизации оболочек;

$$C_n^k = \frac{n!}{k! \cdot (n-k)!}. \quad (10)$$

Используя выражение (9), рассчитаем вероятность разгерметизации оболочек для $k = 1...5, 24...25$ (табл. 6, рис. 2).

Таблица 6

Вероятность разгерметизации оболочек, %

Количество разгерметизированных оболочек k					
0	1	2	3	4	5
Вероятность разгерметизации k оболочек, %					
$3 \cdot 10^{-12}$	$9,8 \cdot 10^{-11}$	$1,6 \cdot 10^{-9}$	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$1,4 \cdot 10^{-7}$	$9,1 \cdot 10^{-7}$

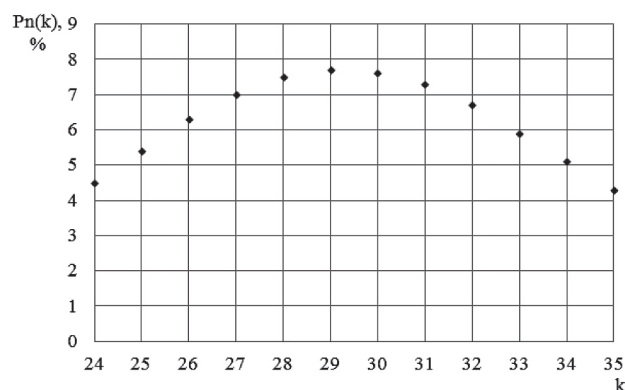


Рис. 2. Вероятность разгерметизации оболочек в диапазоне от 24 до 35, %

После 4 лет эксплуатации наибольшая вероятность разгерметизации оболочек получена для $k = 29$.

7. Выводы

В данной работе было проведено исследование надежности оболочек твэлов ВВЭР-1000 после 4 лет работы ХАЭС-2 используя ЭВТП-метод. На основе исследования можно сделать выводы:

1. Совместное использование кодов ПС «Имитатор реактора» и «FEMAXI» позволяет рассчитать эволюцию напряженно-деформированного состояния в оболочке твэла.

2. Используя ПС «Имитатор реактора», рассчитаны значения линейной мощности для 8-ми АС оболочки твэла, усредненного по ТВС. Рассматривалась ячейка АКЗ № 3.

3. Используя данные и результаты ПС «Имитатор реактора» в качестве входных данных для ПС «Femaxi», рассчитаны эквивалентные напряжения и эквивалентные деформации ползучести в АС № 6 усредненного по ТВЭС твэла.

4. Используя σ_e и \dot{p}_e , рассчитаны удельная энергия рассеяния $A(\tau)$ для материала оболочки твэла и поврежденность оболочки ω .

5. Также используя закон нормального распределения и формулу Бернулли, рассчитана вероятность разгерметизации оболочки твэла. Вероятность разгерметизации не более чем 5 твэлов составит $1 \cdot 10^{-6}$ %, тогда как вероятность разгерметизации от 24 до 35 твэлов равна 75,3 %.

6. После 4 лет эксплуатации ТВС наиболее вероятным будет событие «разгерметизация 29 твэлов», при принятом критерии разгерметизации $\omega^{\text{lim}} = 30$ %.

7. Новизна статьи заключается в расчете вероятности разгерметизации оболочек твэлов после 4 лет эксплуатации на ХАЭС-2 используя метод, основанный на энергетическом варианте теории ползучести (ЭВТП-метод). До настоящего времени для ВВЭР ХАЭС-2 данный расчет не проводился.

8. Было выполнено исследование надежности оболочек твэлов ВВЭР-1000. В результате исследования найдено наиболее вероятное число разгерметизированных твэлов в ТВС при условии ее нахождения в течение 4 лет в фиксированной ячейке активной зоны. Используя эти значения, можно делать прогноз вероятности разгерметизации оболочек твэлов. Это позволит получить представление о надежности твэлов ядерного реактора при данных условиях их эксплуатации.

Литература

- Власенко, Н. И. Оценка развития атомной энергетики Украины на долгосрочную перспективу [Текст] / Н. И. Власенко, Н. П. Кухарчук, О. В. Годун // Труды XX международной конференции по физике радиационных явлений и радиационному материаловедению. — Алушта: ННЦ «Харьковский физико-технический институт», 2012. — С. 7–8.
- Yang, R. Fuel R & D to Improve Fuel Reliability [Text] / R. Yang, B. Cheng, J. Deshon, K. Edsinger, O. Ozer // Journal of Nuclear Science and Technology. — 2006. — Vol. 43, № 9. — P. 951–959. doi:10.1080/18811248.2006.9711181.
- Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций НП-082-07 (взамен ПНАЭ Г-1-024-90, ПБЯ РУ АС-89) [Текст]. — М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2008. — 21 с.
- Пелых, С. Н. Основы управления свойствами твэлов ВВЭР [Текст] / С. Н. Пелых. — Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2013. — 168 с.
- Филимонов, П. Е. Программа «Имитатор реактора» для моделирования маневренных режимов работы ВВЭР-1000 [Текст] / П. Е. Филимонов, В. В. Мамичев, С. П. Аверьянова // Атомная энергия. — 1998. — Т. 84, № 6. — С. 560–563.
- Suzuki, M. Light water reactor fuel analysis code FEMAXI-V (Ver. 1) [Text] / M. Suzuki // JAERI-Data/Code 2000-030. — Tokai: Japan Atomic Energy Research Institute, 2000. — 290 p.
- Сузуки, М. Моделирование поведения твэла легководного реактора в различных режимах нагружения [Текст] / М. Сузуки; пер. с англ. С. Н. Пелых. — Одесса: Астропринт, 2010. — 218 с.
- Pelykh, S. N. Grounds of VVER-1000 fuel cladding life control [Text] / S. N. Pelykh, M. V. Maksimov, V. E. Baskakov // Annals of Nuclear Energy. — 2013. — Issue 58. — P. 188–197. doi: 10.1016/j.anucene.2013.03.020.
- Pelykh, S. N. Grounds of VVER-1000 fuel cladding life control [Text] / S. N. Pelykh, M. V. Maksimov, V. E. Baskakov // Annals of Nuclear Energy. — 2013. — Vol. 58. — P. 188–197. doi:10.1016/j.anucene.2013.03.020.
- Пелых, С. Н. Метод управления перестановками ТВС с учетом поврежденности оболочек твэлов и глубины выгорания топлива [Текст] / С. Н. Пелых, М. В. Максимов // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение. — 2013. — Вып. 5 (87). — С. 84–90.

11. Pelykh, S. N. A method for VVER-1000 fuel rearrangement optimization taking into account both fuel cladding durability and burnup [Text] / S. N. Pelykh, M. V. Maksimov, G. T. Parks // Nuclear Engineering and Design. — 2013. — Vol. 257, № 4. — P. 53–60. doi:10.1016/j.nucengdes.2012.12.022.

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ОБОЛОНОК ТЕПЛОВИДІЛЯЮЧОГО ЕЛЕМЕНТА ВОДО-ВОДЯНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО РЕАКТОРА

Розглядаючи усереднений по тепловиділяючій збірці (ТВЗ) водо-водяного енергетичного реактора потужністю 1000 МВт (ВВЕР-1000) тепловиділяючий елемент (твел), знайдена кількість твелів, для яких вірогідність розгерметизації оболонок після 4 років експлуатації Хмельницької АЕС-2 (ХАЕС-2) є найбільшою. Це дозволить розраховувати вірогідність розгерметизації оболонок твелів і визначати найбільш вірогідні пошкоджені оболонки, що дасть можливість покращити роботу і економічні показники ВВЕР.

Ключові слова: ВВЕР, оболонка твела, дослідження надійності оболонок, Хмельницька АЕС-2 (ХАЕС-2).

Бакутяк Елена Викторовна, кафедра автоматизації тепло-енергетичних процесів, Одеський національний політехнічний університет, Україна, e-mail: OlenkaRomashka@gmail.com.

Пельх Сергей Николаевич, доктор технічних наук, доцент, кафедра автоматизації теплоенергетичних процесів, Одеський національний політехнічний університет, Україна, e-mail: 1@pelukh.net.

Бакутяк Елена Вікторівна, кафедра автоматизації тепло-енергетичних процесів, Одеський національний політехнічний університет, Україна.

Пельх Сергей Миколайович, доктор технічних наук, доцент, кафедра автоматизації теплоенергетичних процесів, Одеський національний політехнічний університет, Україна.

Bakutyak Helena, Odessa National Polytechnic University, Ukraine, e-mail: OlenkaRomashka@gmail.com.

Pelykh Serhii, Odessa National Polytechnic University, Ukraine, e-mail: 1@pelukh.net

УДК 621.144.2

Добровольська О. Г.

РОЗРОБКА ДАНИХ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПОТОКОРОЗПОДІЛУ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

Представлено математичну модель, яка описує поточкорозподіл у водопровідних мережах в реальному часі. Розроблено програму для визначення фактичного поточкорозподілу за результатами вимірювання тисків в контрольних вузлах. Представлено результати, отримані при використанні цієї програми для визначення фактичних витрат в ділянках мережі та встановлення місць витоків на прикладі спрощеної схеми мережі одного з мікрорайонів м. Запоріжжя.

Ключові слова: математична модель, поточкорозподіл, фактичні витрати, вимірювання тисків, контрольні вузли.

1. Вступ

В сучасній практиці контроль поточкорозподілу у водопровідних мережах ведеться опосередковано, орієнтуючись на тиск в окремих точках. Загальний незадовільний стан водопровідних мереж в Україні та висока аварійність на них вимагають від диспетчерських служб комунальних підприємств оперативного реагування для ліквідації наслідків аварійних ситуацій.

З огляду на це актуальним являється визначення величини потоків в окремих магістралях в умовах реального часу для того, щоб управляти поточкорозподілом, маючи інформацію не тільки про величини тисків в окремих вузлах мережі, але й про величини фактичних витрат в характерних ділянках. Це дозволило б диспетчеру контролювати зміну поточкорозподілу при корегуванні тисків в характерних точках. Реалізація таких дій на основі розробки сучасних інформаційних технологій значно покращує процеси керування роботою кільцевих водопровідних мереж, чим і обґрунтовується актуальність проведення даних досліджень.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

В області управління роботою водопровідних мереж в нашій країні застосовуються програмні продукти,

орієнтовані на формування вихідних даних шляхом імпортування файлів з існуючих геоінформаційних систем [1, 2], надається увага удосконаленню гідравлічних розрахунків мереж з урахуванням критеріїв їх надійності [3], удосконаленню систем подачі і розподілу води із врахуванням зміни їх параметрів в процесі експлуатації [4].

Іноземні фахівці зосереджуються на дослідженні стану внутрішньої поверхні трубопроводів та їх залишкового ресурсу [5] моделюванні аварійних ситуацій [6] знаходженні місць витоків при наявності повної інформаційної бази [7], застосуванні інформаційних систем для контролю гідравлічних характеристик мережі [8]. Питання технологічного контролю поточкорозподілу вирішуються за результатами виконання гідравлічних розрахунків, але при цьому визначаються можливі витрати на ділянках мережі на стадії її проектування без врахування тисків у контрольних вузлах в реальному часі їх вимірювання, не вирішуються питання про необхідну кількість та розташування контрольних вузлів на мережі.

Крім того, недостатня надійність трубопроводів, що є характерним для більшості міст в нашій країні та являється проблемою комунальних підприємств інших європейських держав, негативно позначається на якості питної води і потребує оперативного виявлення зони витоків та ліквідації їх наслідків. В цілому погіршення якості води характерно для старих протяжних мереж із