

## РАСЧЕТНЫЙ МЕТОД ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ В ВОДОРОДНОЙ СРЕДЕ

*Боднар Г.И., Гембара Т.В., Львовский государственный университет безопасности  
жизнедеятельности, Львов, Украина*

**Научное и практическое обоснование.** Водородная хрупкость металлов является причиной чрезвычайных ситуаций – катастрофического разрушения химического, нефтедобывающего, транспортного и других видов оборудования. Его внезапность часто связана не только с большими материальными убытками, но и человеческими жертвами. В последнее время исследованию взаимодействия водорода с конструкционными материалами уделяют особое внимание в связи с разработками новых изделий, например в автомобилестроении [1], где водород используют в качестве топлива. Для защиты основного металла элементов конструкций часто используют специальные защитные наплавки. В процессе эксплуатации на линии сплавления двух материалов возникают трещины, которые приводят к отслоению наплавленного металла от основного через водород в концентрациях, превышающих допустимые.

**Методы.** Исследование накопления и перераспределения водорода в металле оборудования осуществляют математическим моделированием с помощью уравнений математической физики параболического типа. Концентрацию водорода находят из решения дифференциального уравнения в частных производных 2-го порядка в одномерном приближении

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_i \frac{\partial C_i}{\partial x} \right),$$

при краевых условиях  $C(x, t=0) = 0$ ;  $C(x=0, t) = C_0$ , где  $D_i$  - коэффициент диффузии водовода в наплавке ( $i = 1$ ) и основном материале ( $i = 2$ );  $C(x, t)$  - концентрация водорода;  $x$  - координата по толщине;  $t$  - час. Поскольку решить такое уравнение аналитически практически невозможно, то его решают численными методами, что требует значительных затрат времени.

**Результаты.** Диффузный поток в данной точке, определяется количеством (концентрацией) водорода и скоростью его атомов. Также поток водорода определяется движущей силой (градиентом концентрации), которая предоставляет ускорения атома водорода. Приравняв поток и выражение первого закона Фика получим среднюю скорость диффундирующего вещества. Учитывая, что скорость - это расстояние, которое пройдет атом водорода за единицу времени и приравняв выражения скоростей получим дифференциальное уравнение 1-го порядка относительно концентрации водорода. Для приближенного определения концентрации водорода получим его решение

$$C(x, t) = C_0 \exp \left( - \frac{x^2}{4Dt} \right)$$

**Основные выводы.** Путем математического моделирования получено упрощенное решение задачи диффузии водорода в металлах, которое можно рекомендовать для количественной экспресс-оценки степени насыщения водородом элементов конструкций, что важно для прогнозирования безопасной работы оборудования. Такой подход можно использовать также для оценки взрывоопасности работ по утилизации оборудования, которое эксплуатировалось в водородных средах, и накопило опасное количество водорода.

### ЛИТЕРАТУРА

1. CJ. Winter // After nuclear has gone - Energy in Germany//. Int. J. Hydrogen Energy, 2012, т.37, с. 1-5.