

УДК 69.001.7;624.2

В.Г. Лебедев¹, А.В. Беспалова², А.И. Кныш², О.П. Дашковская²

Одесский национальный политехнический университет

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ЧАСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РИСКА

На основе имитационной системы «IRRAS» проанализировано влияние факторов производственной деятельности для рабочего места газосварщика, сформированы сравнительные базы данных, включая частные производственные условия. Предложены модели снижения локального производственного риска и обобщающей схемы управления на примере одного рабочего участка.

Ключевые слова: производственный риск, дерево событий, дерево отказов, технический надзор производственной деятельности, планирование системы производств, частный анализ системы, влияние производственных факторов.

В.Г. Лебедев, А.В. Беспалова, О.І. Книш, О.П. Дашковська

ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА НА ПІДСТАВІ ЧАСТКОВИХ ПОКАЗНИКІВ ВИРОБНИЧОГО РИЗИКУ

На основі імітаційної системи «IRRAS» проаналізовано вплив факторів виробничої діяльності для робочого місця газозварника, сформовані порівняльні бази даних, включаючи приватні виробничі умови. Запропоновано моделі зниження локального виробничого ризику і узагальнюючої схеми управління на прикладі одного робочого ділянки

Ключові слова: виробничий ризик, дерево подій, дерево відмов, технічний нагляд виробничої діяльності, планування системи виробництва, частковий аналіз системи, вплив виробничих факторів.

V. Lebedev, A. Bepalova, A. Knuish, O. Dashkovskaya

THE PLANNING OF ENTERPRISE PRODUCTION ACTIVITY ON THE BASIS OF DISCRETE INDICATORS PRODUCTION RISK

The dynamics of accidents in the construction is closely linked to the difficult economic situation in Ukraine, which is forcing people to knowingly or unconscious misrepresentation agree to work with unduly hazardous and harmful conditions of labor. Solution to the problems of industrial safety is complicated by the and the specifics of the construction of production. The special nature of the product of labor of builders, the considerable diversity in its types, adjustable nature of labor require from the leadership of the construction company, such a high degree of the objects in the conditions of the imperfections of market mechanisms they may not, and often do not want to provide. Such features of the construction of production as the overhanging work, work on the open air, work with pneumatic tools, tool hammer action, welding work, require a detailed joint analysis with the amendment to the real program formulation and operational reporting on the basis of the modern software.

Keywords: the risk of production the event tree, tree failures, technical supervision of productive activities, planning system of production, the discrete system analysis, the impact of the factors of production.

Постановка проблеми. Организация строительного производства базируется на системе технологических операций основного характера, но невозможна без сочетания дополнительных функций из обеспечивающего ряда. К числу обеспечивательных функций строительного производства относятся транспортные, энергетические, складские, и организационно-технические. Организационно-технический ряд представлен проблемами охраны труда и промышленной безопасности. В силу своего «второстепенного» характера промбезопасность анализировалась исключительно на стратегических объектах. Однако доля влияния на ход производственного процесса «обычных» объектов более чем значима и предполагает создание специальных учетных баз, объединенных в объектовый расчетный модуль. Система управления охраной труда (СУОТ) оправдывает себя на стадии проектирования и плохо применима в оперативных условиях. Система рисков (АЛЛАРА) работает в производственных условиях, но конечный результат можно получить после того как «событие имело место быть». Возникает острая проблема в создании комплексной прогнозной системы на базе существующего опыта работы и коррекция существующих проектов.

Подготовка нового поколения менеджеров, построение методологии перспективного развития предприятий с прогнозируемыми промышленными рисками на рабочих местах, обеспечивающих отраслевое развитие промышленных предприятий, основанной на планировании безопасности труда.

Анализ последних достижений и публикаций. Несчастный случай на производстве – это воздействие на работающего, опасного производственного фактора при выполнении им трудовых.

Наибольшее количество несчастных случаев в строительстве связаны с организационными причинами и составляют 65 %, 26 % – технические и только 9 % вызванные психологическими [1].

Вероятность погибнуть, получить травму или приобрести профессиональное заболевание существует в небольших вновь созданных организациях малого предпринимательства и в тех строительных организациях, где пренебрегают правилами безопасности и не выполняются требования охраны труда. Даже при общей тенденции к снижению объемов строительных работ независимо от форм собственности строительных организаций уровень производственного травматизма остается высоким [2].

Основные травмирующие факторы в строительстве:

- падение с высоты;
- обвал грунта и строительных конструкций.
- строительных конструкций

Основные причины смертельных травм в строительстве это:

- нарушение трудовой дисциплины;
- невыполнение инструкций по охране труда;
- невыполнение требований должностных инструкций.

Несчастный случай на любом производстве – это трагедия для всего коллектива, семьи погибшего, а на строительстве жилого дома – это вдвойне трагично. Ведь жильцы этого дома, не смогут забыть, к какой трагедии привело строительство их жилья.

После каждого несчастного случая со смертельным исходом останавливается работа строительного объекта, и только после расследования его и полного устранения нарушений с разрешения Госнадзора охраны труда работа обновляется. Время потеряно, нарушен график сдачи объекта, претензии и негодование заказчика, дополнительные расходы. Гибель человека – нервное потрясение для всего коллектива. Для того чтобы вырастить, научить и подготовить одного человека к самостоятельному труду государство тратит в среднем от 100 до 300 тыс. грн [3]. Вот этой суммы общество и недосчитывается в случае, если человек теряет трудоспособность в период наибольшей рабочей активности. В науке о промышленной безопасности указанную сумму именуют промышленным риском. Наибольшие затраты на мероприятия по улучшению условий труда ощутимы для организации, но значительно меньше перечисленных выше затрат.

Случаи травматизма по организационным принципам происходят в результате неправильных действий (или бездействия) инженерно-технических работников и рабочих, выражающихся в невыполнении ими своих должностных обязанностей, нарушении установленной технологии и организации труда, требований правил эксплуатации оборудования и правил безопасности труда и обусловленных незнанием, недостаточной квалификацией или недисциплинированностью. Устранение этих факторов является задачей профилактики производственного травматизма. Качество профилактики подготовительных работ следует планировать основываясь на базовых критериях промышленной безопасности [3]. Для выполнения работы мало знать инструкцию.

Постановка задачи. На основе имитационной системы «IRRAS» проанализировать влияние факторов производственной деятельности для рабочего места газосварщика, сформировать сравнительные базы данных, включая частные производственные условия. Предложить модели снижения локального производственного риска и обобщающей схема управления на примере одного рабочего участка.

Результаты исследований. Участки выполнения сварочных работ открытым пламенем ограждают путем устройства щитов, ширм из негорючего материала (листовой стали, асбестового полотна) на высоту до 2,5 м от уровня пола. При использовании кабин свободная площадь на один сварочный пост составляет не менее 3 м². Стены цеха, переносные защитные ограждения окрашивают в светлые тона (серый, желтый, голубой) цинковыми, титановыми белилами, желтым кроном, что позволяет уменьшить отражение ультрафиолетового излучения сварочной дуги. Ширину проходов между стационарными многопостовыми источниками питания принимают не менее 1,5 м, расстояние между сварочными постами – 2 м, а между машинами стыковой сварки – 3 м. Уровни освещенности рабочих мест для сварочных работ установлены с учетом наличия в поле зрения самосветящихся элементов и составляют для - газоразрядных ламп не менее 150 лк. Спецодежду сварщиков для защиты от искр и брызг расплавленного металла изготавливают из материалов, обладающих повышенными огнезащитными свойствами или имеющих огнестойкую пропитку (ОП). Конструкция спецодежды должна быть без складок, поясов, открытых накладных карманов и других деталей, задерживающих искры. Рукавицы

применяют однопалые с короткими или длинными крагами на подкладке из токонепроводящего материала. Для защиты ног от травм и ожогов применяют специальные ботинки с носками, защищенными металлическими пластинками и боковой застежкой. Для защиты органов слуха от шума сварочного оборудования с уровнем до 100...120 дБ применяют противозумные вкладыши «Беруши». Приведенные базовые критерии не способны по факту составить описание производственной обстановки. Необходима модель чрезвычайных ситуации на основе тщательного анализа тех событий, которые уже случились, для того чтобы ими умело управлять и в будущем их предотвращать.

Для оценки безопасности, анализа и выявления причин аварий в строительстве можно использовать эффективный и наглядный метод дерева отказов [4], который позволяет одновременно с установлением причин проявления неблагоприятных событий обосновать применение и определить экономическую эффективность профилактических мероприятий для их предупреждения.

Сущность метода сводится к разложению (анализу) или построению (синтезу) головного неблагоприятного события на ряд первичных, вторичных и т.п. событий в виде дерева отказов, построенного с учетом причинно-следственных связей, входящих в него событий. Каждое из этих событий выражается логическими операциями «И» (последовательная цепочка событий) и «ИЛИ» (возможность наступления любого из независимых событий).

Для количественной оценки головного события каждой ветки (связи) дерева отказов присваивается вычисленная заранее вероятность (вес события) его появления.

Анализ начинается, например, для дерева отказа головного события «Термическая травма газосварочным аппаратом» (рис.1). Устанавливаются первичные события, которыми являются занятые или незанятые в выполнении операции люди. Как правило, с рабочими, не занятыми операциями, несчастные случаи очень редки. Такое редкое событие имеет собственный маркировочный индекс и в дальнейшем анализе не участвует. Наибольшая часть событий происходит с действующими рабочими(обозначается прямоугольником). Для появления этого события необходимо одно из двух событий (кружки), стоящих под оператором «ИЛИ».

Для количественной оценки головного события каждой ветке (связи) дерева отказов присваивается вычисленная заранее вероятность (вес события) его появления.

Анализ для дерева отказа головного события – травма (ожог) при эксплуатации газосварочного инструмента в неисправном состоянии. Устанавливаем первичные события.

Техническое состояние

- K1– не проведено ТО газосварочного инструмента-----0,01
- C1 – протечка машинного масла при контакте с кислородом -----0,01
- C2 – падение баллона при транспортировке или установки -----0,1
- C3 – некондиционная пропановая смесь -----0,1
- C4 – перегрев газовой горелки мундштука при контакте с подставкой или деревянным настилом -----0,01

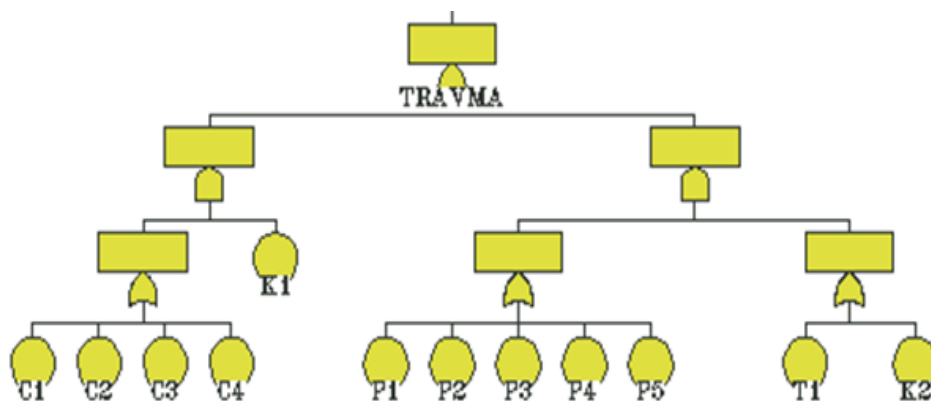


Рис.1 – Дерево отказов для рабочего «Газосварщик»

Нарушение техники безопасности

Организация работ

- P1– отсутствие огнетушителя-----0,1

P2 – использование при огневых работах одежды со следами масла, жиров, бензина, керосина и других горючих жидкостей-----0,0001
 P3 – хранение в сварочных кабинах горючих жидкостей и материалов-----0,001
 P4 – нарушение герметичности соединения рукавов и аппаратуры -----0,0001
 P5– проведение газосварочных работ неочищенных конструкций-----0,001
 Человеческий фактор
 T1– низкая квалификация обслуживающего персонала-----0,01
 K2 – плохое состояние здоровья рабочего-----0,001
 Нежелательное событие – пожар, взрыв
 Начальное событие – эксплуатация газосварочного инструмента в неисправном состоянии.

Проведение расчетов
 Partition Cut Set Report

Analysis: RANDOM Case: ALTERNATE
 Fault Tree Name ->TRAVMA

Mincut Upper Bound 9.295E-003 This Partition 9.295E-003

No.	Total	Set	Frequency	Cut Sets
1	32.2	32.2	3.000E-003	C3, K1
2	64.5	32.2	3.000E-003	C4, K1
3	96.8	32.2	3.000E-003	C2, K1
4	100.0	3.2	3.000E-004	C1, K1
5	100.0	0.1	1.000E-005	P5, T1
6	100.0	0.1	1.000E-005	P3, T1
7	100.0	0.0	1.000E-006	K2, P5
8	100.0	0.0	1.000E-006	K2, P3
9	100.0	0.0	1.000E-006	P4, T1
10	100.0	0.0	1.000E-006	P2, T1
11	100.0	0.0	1.000E-006	P1, T1
12	100.0	0.0	1.000E-007	K2, P1
13	100.0	0.0	1.000E-007	K2, P2
14	100.0	0.0	1.000E-007	K2, P4

IMPORTANCE MEASURES REPORT (Alternate Cut Sets)

Analysis : RANDOM
 System : TRAVMA Case : ALTERNATE

(Sorted by Fussell-Vesely Importance)

Event Name	Occ.	Failure	Fussell- Vesely Importance	Risk Reduction	Risk Ratio
K1	4	3.000E-002	9.973E-001	3.674E+002	2.994E+001
C4	1	1.000E-001	3.207E-001	1.472E+000	3.886E+000
C3	1	1.000E-001	3.207E-001	1.472E+000	3.886E+000
C2	1	1.000E-001	3.207E-001	1.472E+000	3.886E+000
C1	1	1.000E-002	3.198E-002	1.033E+000	4.166E+000
T1	5	1.000E-002	2.451E-003	1.002E+000	1.243E+000
P5	2	1.000E-003	1.172E-003	1.001E+000	2.170E+000
P3	2	1.000E-003	1.172E-003	1.001E+000	2.170E+000
K2	5	1.000E-003	2.451E-004	1.000E+000	1.245E+000
P1	2	1.000E-004	1.172E-004	1.000E+000	2.171E+000
P2	2	1.000E-004	1.172E-004	1.000E+000	2.171E+000
P4	2	1.000E-004	1.172E-004	1.000E+000	2.171E+000

В результате проведенных расчетов видно, что наибольшее вероятное событие - получение травмы будет при неиспользовании защитных очков (СЗ) и недостаточного контроля со стороны мастера (К1). Недостаточный контроль со стороны мастера является базовым событием программы риска. Неумение работать с инструментом, с неисправным инструментом, нарушение правил ТБ может привести к получению травмы. Таким образом, кроме физического вреда травматизм наносит еще и психологический вред (вызывает нервозность, неуверенность в работе, снижение производительности труда).

Автоматизированная информационно-аналитическая система обеспечения [5] безопасных условий труда позволяет обоснованно оценить состояние промышленной безопасности на объекте, накапливать всю необходимую информацию, прогнозировать, анализировать варианты и принимать управленческие решения уже на этапе проектирования графика работ. Базы данных «Библиотеки безопасности» снабжены специальными комплексами, которые задействуются в расчетных схемах, что повышает уровень безопасности рабочего места, снижает дополнительные затраты на реорганизацию площадок, повышает эффективность всего рабочего процесса. «Библиотеки безопасности IRRAS» снабжены модулями синхронизации, и при установлении двустороннего режима переходят в автотельный режим.

Роль человеческого фактора в системе оценивается набором инструментов: THERP – определение значимости ошибок человека в технике (Technique for Human Error Rate Prediction), HCR - надежность человека как функция его способностей (Human Cognitive Reliability), MAPPS – метод моделирования действий (ошибок) при техобслуживании (Maintenance Personnel Performance Simulation). HCR, THERP – опциональные программные модули IRRAS, позволяющие оценить возможность работы без ошибок, т.е. определяет сложность задачи: легкие, средние и сложные.

MAPPS – самостоятельный регистрируемый модуль, не задействованный в рассмотренной модели. Наряду с IRRAS MAPPS способен к частичной генерации событий, инициализирующих известные типы таксономий по Свейну и Гутману, по Расмуссену и Рыжену. Следует первичная числовая и вторичная – логическая коррекция производственных событий. IRRAS предлагает схемы наблюдения за процессами сбора информации, что ограничивается вычислительными ресурсами исследования при использовании статических моделей, например листинг 2 «IMPORTANCE MEASURES REPORT».

При формировании циклических проектов данное обстоятельство способствует снижению накладных расходов проекта уже на стадии составления технического задания. Предполагается реализация и обоснования технических решений с помощью всестороннего исследования отклонений технологических процессов от регламентных. Такой анализ позволит определять риски не только любой технической системы, но и ранжировать их по уровням опасности на основе экспертных оценок.

Для многих задач такой подход является достаточным и не требует применения других методов анализа на основе характеристик значимости последствий и качественных оценок частоты отказов. Последовательно составляют матрицу "вероятность отказа – весомость последствий" для ранжирования рисков. Формируем шкалу категорий значимости последствий отказов. Качественные оценки частоты отказов реализуются на основании методов HAZOP-анализа. На основе таких оценок можно строить матрицы риска без числовых расчетов, то есть решение задачи оценок риска значительно упрощается. Рассмотрим стратегии развития методов HAZOP-анализа с выкладкой алгоритмов поиска кратчайшего пути на основании динамических моделей unity3d и комбинированных волновых моделей.

Демонстрация будет проводиться на примере прототипа стратегической модели, реализуемых в современных action games - играх. Для полной аналогии синтетического эксперимента задействуем описания фигурантов процесса, относящиеся к геймерскому лексикону. В нашей стратегии «рабочий - игрок», а «опасность - противник». Есть сторона «игрока» и сторона «противника», задача рабочего идентифицировать ближайшую опасность, дойти до нее обходя смежные опасности и препятствия и завершить работу. Для отладки будет удобно поделить рабочее поле на клетки и отобразить их. Для удобства на этом шаге можно сделать координаты первой клетки равные (0,0), соседней справа (0,1) и тд.

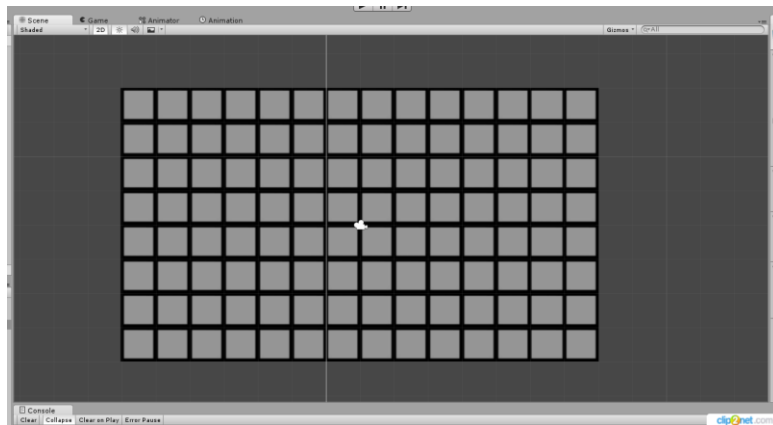


Рис. 2 – Базовое отладочное поле рабочего пространства

Теперь создадим класс «Рабочее поле» и прикрепим его к объекту с помощью инспектора. Изложенный код не должен вызвать затруднений.

В классе «Рабочее поле» мы создаем карту локации (матрицу), описывающую нашу локацию. Далее вызываем методы, которые размещают юнитов рабочих и смежные опасности на рабочем поле. В этих же методах записываем в ячейку матрицы, на которой разместили юнита, что она уже занята и делаем ее непроходимой, изменив значение с 0 на 1. Поэтому важно сделать координаты клеток в рабочем поле целыми числами и начинать отсчет с (0,0). Тогда при создании объекта, его координаты будут совпадать с координатами ячейки в матрице.

Теперь создадим класс «Газосварщик» и повесим его на профиль смежная опасность.

```
using UnityEngine;
using System.Collections;
using System;
public class Swordsman2 : Warrior {
    – private Vector3 currentPosition;
    – private Vector3 lastPosition;
    – private bool ready = true;
    – private bool readyAttack = true;
    – private bool endBattle = false;
    – private GameObject closestEnemy; //ближайшая опасность
    GameObject[] gos; // массив смежных опасностей
    private float waitMove; // будем перемещать юнитов с задержкой
    void Start () {
        currentPosition = transform.localPosition; // сохраняем текущую позицию
        lastPosition = currentPosition; // сохраняем последнюю позицию юнита.
        // определяем с какой задержкой будет двигаться юнит
        waitMove = UnityEngine.Random.Range (0.4f, 0.65f);
        void Update () {
            // если все юниты размещены на рабочем поле
            if (Battlefield.ready) {
                if(ready){
                    //ищем все опасности, заранее пометив их тегом Enemy
                    gos = GameObject.FindGameObjectsWithTag("Enemy");
                    if(gos.Length == 0){
                        endBattle = true; // если опасности отсутствуют, то
                        // работа окончена
                    }
                    print ("End Battle");
                }
            }
        }
    }
}
```

В методе Update() проверяем, если опасности не локализованы, то ищем ближайшую. Далее вызываем метод findPath(), который ищет путь. За ним вызываем метод move(), который перемещает объект на одну клетку в сторону идентификатора опасности, если объект еще не дошел до цели. Если объект уже дошел до цели, тогда вызываем метод attack().

Модификация волнового алгоритма для динамических объектов предполагает реализацию метода findPath(), когда приходится вызывать каждому юниту в методе Update(). Потому что инициаторы угроз так же перемещаются, как и юниты рабочих. И через один игровой такт

источник опасности может поменять позицию, и старый путь будет не актуален.

Получается следующая ситуация: мы нашли путь к источнику, опасности, переместившись в клетку с минимальным весом. Инициатор угрозы поменял свое местоположение, мы снова просчитали путь до него, снова переместились в клетку с минимальным весом.

В данном случае мы используем только клетки, соседние к нашему юниту, а весь остальной путь нам не нужен. Тогда нам не нужно высчитывать весь путь до источника угроз. А нужно лишь узнать на какую соседнюю клетку переместить юнита, чтобы он был ближе всего к локализации опасности. Объект, к которому нам нужно дойти, назовем F. А объект, который ищет путь к F, назовем S. В unity3d очень просто посчитать расстояние от S до F. В табл. 1 указаны весоности сценариев развития событий по результатам расчетов полных частных путей юнитов F и путей сопряжения до наступления потенциальной опасности на рабочем месте «Газосварщик».

Таблица 1

Весомости промышленных событий на рабочем месте «Газосварщик»

События, юниты	Комбинаторные методы анализа			
	IRRAS	HAZOP	unity3d	Волновая последовательность
K1	367,4	387,5	374,6	377,6
C4	1,472	1,568	1,569	1,569
C3	1,472	1,568	1,632	1,632
C2	1,472	1,647	1,631	1,631
C1	1,033	1,647	1,485	1,485
T1	1,002	1,275	1,085	1,275
P5	1,001	1,183	1,083	1,183
P3	1,001	1,185	1,185	1,185
K2	1,000	1,143	1,143	1,185
P1	1,000	1,133	1,243	1,143
P2	1,000	1,224	1,128	1,143
P4	1,000	1,000	0,945	0,943

Выводы. Принимаемые решения по обеспечению безопасности рабочей среды должны соответствовать индексам угроз, полученных по четырем указанным методам. Частичные разрывы индексов указывают на множество частных методов расчета, но не умаляют методологию подсчета промышленного риска в моделях. Полученные разрывы обеспечивают приемлемый резерв безопасности при планировании работ на рабочем месте, участке, объекте производства. Проблема оценки промышленных рисков многокритериальна. Показаны пути ее решения. Однако из всех направлений, нужно отметить, что ни одно не имеет бесконечной области приложений и только та или иная часть проблемы может быть частично решена каждым из подходов. Перспективным видится подход разбиения проблемы на части (системный анализ), и если не получается решить проблему в целом, то путем внесения некоторых допущений все же получить решение.

Список использованных источников

1. Хохотва О. І. Про стан промислової небезпеки та охорони праці // Охорона праці. – 2010. - №12. – С.7-8.
2. ДБН А.3.1-5:2016 "Організація будівельного виробництва"// Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, Наказ № 05.05.2016 № 115
3. Вероятностный анализ безопасности атомных станций (ВАБ) / В.В. Бегун, О.В. Горбунов, И.Н. Каденко и др. – К.: НТУУ «КПИ», 2000. – 568 с.
4. Integrated Reliability and Risk Analysis System (IRRAS). Basic Training Course. NRC. – Washington, 1995. – 720 p.
5. Serebrovsky A.N. Models and algorithms of probabilistic safety assessment of potentially hazardous objects // Вестник нац. техн. университета "ХПИ". – 2007. – № 6. – С. 127 – 134.

Рецензенты:

Егупов К.В., д.т.н., проф. директор научно-исследовательского института фундаментальных и прикладных исследований Одесского национального морского университета, вице президент Ассоциации

Клименко Е.В., д.т.н., проф. зав.кафедрой железобетонных, каменных конструкций и транспортных сооружений Одесской государственной академии строительства и архитектуры.

Стаття надійшла до редакції 27.03.2019