

# **Расчет суммарного времени, затраченного на монтаж силового, управляющего, включающее радиоэлектронное оборудование для АЭС. Базовое уравнение**

## **Calculation of the total time spent on the installation of power, control, including electronic equipment for nuclear power plants. Basic equation**

### **Лоскутов И.А.**

Аспирант Российского Технологического Университета (МИРЭА), инженер-конструктор в акционерном обществе «Научно-производственной корпорации «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» имени А.Г. Иосифьяна» (АО «Корпорация «ВНИИЭМ»), преподаватель автоматизации в государственном бюджетном профессиональном образовательном учреждении г. Москвы "Политехническом колледже им. Н.Н. Годовикова"

e-mail: faxvex@ya.ru

### **Loskutov I.A.**

Postgraduate student, Russian Technological University (MIREA), Engineer-designer (engineer constructor) in Joint Company 'Research and Production Corporation 'Space Monitoring Systems, Information & Control and Electromechanical Complexes' named after A.G. Iosifian' ('VNIIEEM Corporation' JC), Lecturer of "Polytechnic College named after N.N. Godovikov"

e-mail: faxvex@ya.ru

### **Аннотация**

Работа посвящена выведению базового уравнения, по которому можно производить расчеты нормы времени при выполнении монтажных работ с силовым или управляющим оборудованием для АЭС. В работе показана проблематика и необходимость данного исследования – минимизация сроков возведения атомных комплексов.

**Ключевые слова:** АЭС, монтаж, норма времени, уравнение нормирования.

### **Abstract**

The work is devoted to the derivation of the basic equation, according to which it is possible to calculate the norm of time when performing installation work with power or control equipment for nuclear power plants. The paper shows the problematics and necessity of this study - minimization of the time needed for the construction of atomic complexes.

**Keywords:** NPPs, installation, standard time, equation of valuation

### **Введение**

Жизнь общества в информационную эпоху – есть ничто иное, как непосредственный симбиоз человека и окружающих его технических средств. Для каждого элемента этого объединения необходима энергия. Человек ее получает путем потребления продуктов, машина же при помощи зарядки от источника питания. На данный момент существует много способов добычи электроэнергии, но наиболее

перспективной является область атомной энергетики, однако строительство новых блоков происходит крайне медленно. Связано это с отсутствием четкого нормирования временных характеристик в конкретной области. В данной статье будет показано получение базового уравнения внутреннего монтажа оборудования, предназначенного для атомной сферы.

### **1. Важное замечание**

Данная работа входит в серию исследований, посвященных созданию уравнения расчета нормы времени на производствах, занимающихся непосредственной разработкой и сборочно-монтажными работами силового и управляющего оборудования для АЭС.

### **2. Необходимость исследования и пути решения**

О медлительности развития атомной отрасли уже не раз говорили в научной среде. Например, в работе [3, с. 79–80] указывается на застой всей области тяжелого машиностроения. В то же время в [2, с. 4] показано, что наблюдается рост спроса на атомную энергетику. Отметим, что прогнозы Массачусетского технологического университета [5, с. 109] также говорят о повышении интереса к разработкам ядерных объектов, особенно в странах бывшего СССР. К сожалению, скорость возведения АЭС, как уже не раз упоминалось, оставляет желать лучшего. Причины были показаны в исследовании [4]. Для решения поставленной проблемы необходимо минимизировать неизвестные коэффициенты уравнений [1, с. 55–57] и в дальнейшем модифицировать их.

### **3. Определение входных параметров**

Воспользуемся основами теории управления и создадим типовую модель «вход-выход». О создании детально описано в [6, с. 3–4]. Предварительно разделим все параметры на входные, выходные и возмущающие.

Рассмотрим элементы входного параметра «Y».

В процесс монтажа шкафа входят:

1. Прокладка проводов «А».
2. Прокладка жгутов «В».
3. Прокладка кабелей «С».
  - 3.1. Прокладка кабелей без изменения «С1».
  - 3.2. Прокладка кабелей с выводом обмотки в 1 заземление «С2».
  - 3.3. Прокладка кабелей с выводом обмотки в 2 заземления «С3».
4. Крепление клеммных перемычек «D».
5. Вязка жгутов «Е»:
  - 5.1. Вязка жгута без шаблона «Е1».
  - 5.2. Вязка жгута с использованием готового шаблона «Е2».
  - 5.3. Вязка жгута с созданием трафарета «Е3».
6. Крепление стяжками «F».
  - 6.1. Крепление обычными стяжками «F1».
  - 6.2. Крепление стяжками, устанавливаемыми в отверстие шкафа или шасси «F2».
7. Вязка на шпильку «G».
8. Установка самоклеящихся клипс «H».
9. Работа с кабельными каналами «I».
  - 9.1. Открытие / закрытие кабельных каналов «I1».
  - 9.2. Откусывание лишних «усиков» «I2».
10. Крепление кабеля на обычные и ЭМС зажимы «J».
11. Пайка «K».

12. Зачистка кабелей и проводов «L».
13. Обжимка наконечников «M»:
  - 13.1. Обжимка наконечников проводов / кабелей малого диаметра с помощью ручных устройств «M1».
  - 13.2. Обжимка наконечников проводов / кабелей большого диаметра, требующая использования специальных, зачастую гидравлических приспособлений «M2».
14. Работа с термоусадками «N»:
  - 14.1. Одевание термоудаки «N1».
  - 14.2. Работа с феном «N2».
15. Одевание бирки на кабель / провод «O».
16. Установка в клеммы проводов и кабелей «P»:
  - 16.1. Установка в клемму, работающую по принципу защелок «P1».
  - 16.2. Установка в клемму, требующую закрутить винт отверткой «P2».

Рассмотрим элементы возмущающего параметра «R»:

1. Выполнение другой, более важной на данный момент работы «S».
2. Потребности человека (физиологические, психологические) «T».
3. Ошибки «U»:
  - 3.1. Неверно прикреплен наконечник «U1».
  - 3.2. Простой из-за недодачи / неверных проводов или наконечников «U2».
  - 3.3. Потеря наконечников «U3».
  - 3.4. Прочее «U4».
4. Видоизменение чертежа на стадии монтажа «V».
5. Усталость рабочего «W».
6. Прочее «Z».

Выходным параметром будет являться готовое изделие «X».

Покажем на рис. 1 систему монтажа шкафа.



**Рис. 1.** Монтаж шкафа

Т.е. при объединении временных характеристик входного и возмущающего параметров получается общее значение времени, затраченного на монтаж. В параметрическом виде уравнения будут выглядеть следующим образом:

$$\bar{Y} = \begin{cases} A(t) \\ B(t) \\ C1(t) \\ \dots \\ O(t) \\ P1(t) \\ P2(t) \end{cases}, \quad \bar{R} = \begin{cases} S(t) \\ T(t) \\ \dots \\ W(t) \\ Z(t) \end{cases}, \quad \bar{X} = X(t) \quad (1).$$

#### 4. Допущения и полученное уравнение

Создадим базовое уравнение путем модификации параметрических зависимостей (1), учитывая, что каждый элемент может повторяться некоторое

количество раз. Также обратим внимание, что при работе появляется параметр усталости, который нарастает постепенно от одной операции к другой.

В базовом уравнении будут следующие допущения:

1. Работа выполняется полностью без остановок.
2. Нет ограничений на 8 часовой рабочий день.
3. Чертеж не меняется во время работы.

Отметим, что в раскрытом виде получившееся уравнение будет крайне громоздкое, поэтому сразу проведем процесс «сворачивания». В результате получим:

$$\begin{cases} i_j = \sum_{w=1}^{25} x_j + 2U_j \\ \bar{X} = \sum_{j=1}^{25} \sum_{g=i_{j-1}}^{i_j} t_j \prod_{\mu=1}^j W_j^{i_j - g} + \sum_{j=26}^{31} \sum_{\delta=\zeta_{j-1}}^{\zeta_j} t_j \prod_{\xi=26}^j L_j^{\zeta_j - \delta} \prod_{\psi=1}^{25} W_{\psi}^{x_{\psi} - g} \end{cases} \quad (2).$$

где:

- $x_j$  – количество операций работы с элементом из массива «Y»;
- $U_j$  – количество ошибок, возникающих при работе с элементом массива «Y»;
- $\prod_{\mu=1}^j W_j^{i_j - g}$  – учет накопления усталости при операции с элементом из массива «Y»;
- $\zeta_j$  – количество операций работы с элементом из массива «R»;
- $\prod_{\xi=26}^j W_j^{\zeta_j - \delta}$  – учет накопления усталости при операции с элементом из массива «R»;
- $\prod_{\psi=1}^{25} L_{\psi}^{x_{\psi} - g}$  – учет накопленной усталости после завершения массива «Y».

### Поясним уравнение

Было выявлено, что массивы входных «Y» и возмущающих «R» параметров задают общее время, затраченное на работу монтажника «X», однако по своей природе это кардинально разные процессы. Массив «Y» может нести в себе ошибку, которую необходимо устранить, в результате чего потребуются, например, переложить жгут из одного кабель-канала в другой, т.е. будет проведен дополнительный двойной процесс:

**выложить → установить.**

Этим поясняется удвоение ошибки в уравнении (2). В то же время массив «R» – это объединение параметров, которые несут в себе разовый характер или повторяющийся, но способный легко вычисляться путем сложения. Усталость от таких работ обусловлена моральным истощением и вредит концентрации больше, чем последовательно идущий процесс, поэтому параметр «W» также необходимо учитывать для получения точного значения «X».

### Заключение

Полученное уравнение представляет собой лишь первое приближение, которое в дальнейшем будет модифицировано, с целью избавления от введенных допущений. Однако уже в данном состоянии его можно использовать при расчете временных рамок монтажных работ с минимальными последующими дополнительными расчетами.

### Литература

1. Грибков В.Д., Грузинов В.П., Кузьменко В.А. Экономика организации (предприятия). Москва: ГУУ, 2016. – 407 с.

2. Развитие электроэнергетики в России за 2014 год [электронный ресурс]// Национальное рейтинговое агентство. URL: <http://www.ra-national.ru/sites/default/files/other/55.pdf> (дата обращения: 11.08.2017)
3. *Тополева Т.Н.* Устойчивое развитие машиностроительного комплекса в конкурентной среде // Экономические исследования и разработки. 2018. Выпуск 2. URL: [http://edrij.ru/wp-content/uploads/2016/08/EDRJ\\_02\\_2018.pdf](http://edrij.ru/wp-content/uploads/2016/08/EDRJ_02_2018.pdf) (дата обращения: 28.12.2018)
4. Loskutov I.A. Causes for protracted production of equipment for nuclear power plants // Information Innovative Technologies: Materials of the International scientific – practical conference. 2018, p. 392-396.
5. The future of nuclear power / Ansolabehere S. [and other]. Kembridge: Massachusetts Institute of Technology. 2003. 170p. URL: <http://energy.mit.edu/wp-content/uploads/2003/07/MITEI-The-Future-of-Nuclear-Power.pdf> (дата обращения: 15.12.2018)
6. Trentelman H.L., Stoorvogel A.A., Malo H. Control theory for linear systems. Berlin: Springer. 2001. 389p.