

**Определение нормы рабочего времени сборки каркаса
силового и / или управляющего, включая
радиоэлектронное оборудование на предприятиях,
занимающихся разработкой изделий для АЭС.
Третье приближение**

**Definition of standard working time of assembly of the
frame power and / or control, including radioelectronic
equipment at the enterprises involved in the development
of products for NPPs. Third approximation**

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 in 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' ('VNIIEМ Corporation' JC), teacher of automation in the state budgetary professional educational institution of Moscow "Polytechnic College named after N.N. Godovikov"
e-mail: faxvex@ya.ru

Аннотация

Работа посвящена изучению технологического процесса на предприятиях, занимающихся разработкой оборудования для АЭС с целью выявления нормы времени сборки каркаса. В статье проводится устранение неточности уравнения сборки каркаса во втором приближении. В результате добавления новых переменных, связанных с работой слесаря, выведено уравнение сборки каркаса в третьем приближении.

Ключевые слова: норма времени, математическое описание процесса, сборка каркаса, АЭС.

Abstract

The work is devoted to the study of the technological process at the enterprises engaged in the development of equipment for nuclear power plants in order to identify the norm of time frame Assembly. In article, elimination of inaccuracy of the equation of assembly of a framework in the second approach is carried out. As a result of addition of the new variables connected with work of the mechanic the equation of assembly of a framework in the third approach is removed.

Keywords: norm of time, mathematical description of the process, frame assembly, NPP

Введение

Уже неоднократно говорилось о проблемах тяжелого машиностроения в Российской Федерации, в частности, это касается предприятий, занимающихся разработкой силового, управляющего и радиоэлектронного оборудования для атомных электростанций. На основании показаний Росстата от 2017 г. [1], динамика роста производства и распределения электроэнергии за период с 2012 по 2016 г. не имеется, это отражено на рис. 1:

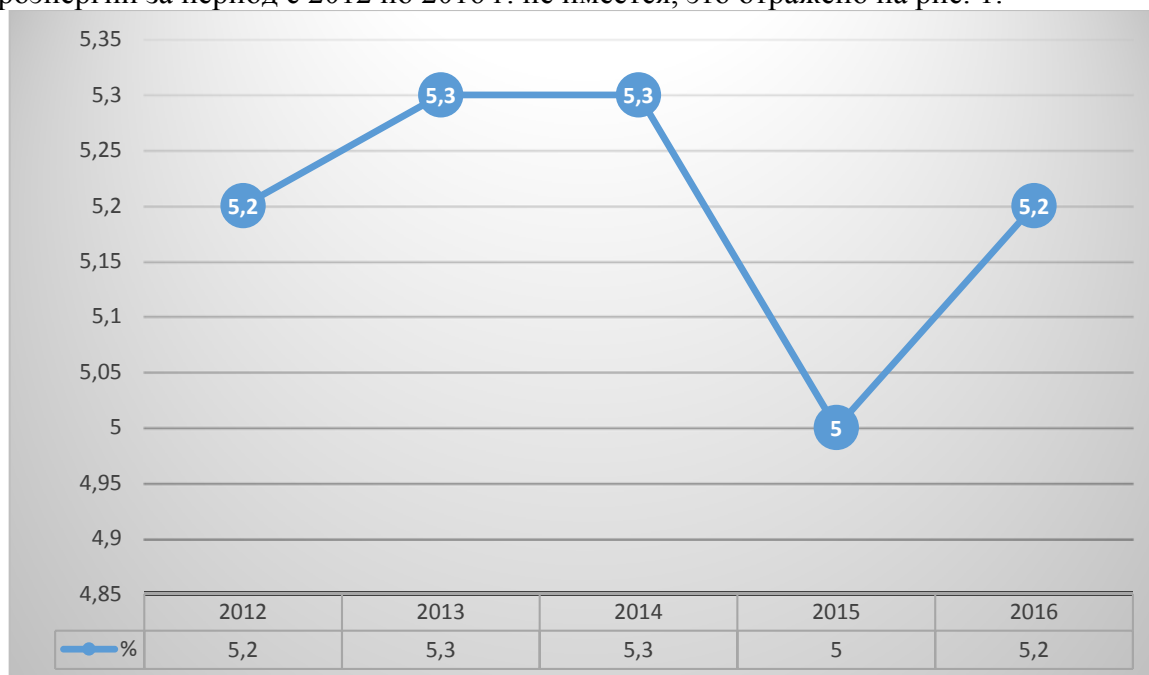


Рис. 1. Диаграмма изменений структуры выпуска электроэнергии в % относительно ВВП России

Сходные данные можно подчеркнуть из рис. 2, статьи [2, с. 103].



Рис. 2. Динамика численности предприятий машиностроения и металлообработки РФ в 2005–2014 гг., ед.

Рис. 1 и 2 подтверждают доводы, сделанные в [3], тем самым обосновывается актуальность и необходимость в разработке методов контроля нормирования времени сборки изделия, в частности, каркаса силового или управляющего шкафа, поставленных в [4] и модифицированных в [5].

Уточнение уравнений сборки каркаса во втором приближении

Как говорилось выше, результатом работ [4] и [5] являются два уравнения:

Уравнение, в котором происходило приравнивание значения выходной переменной к значению остановки «W»:

$$\left\{ \begin{array}{l} i_j = \sum_{\omega=1}^{17} x_j + 2J_{1j} \\ l_k = \sum_{\eta=1}^{17} q_k + 2J_{1k} \\ \bar{X} = \bar{Z} + \sum_{\varphi=1}^{2\tau} (\bar{Q} + N_{\varphi}) \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{Если } \bar{W} \geq \bar{Z} \\ \bar{Z} = \sum_{j=1}^{17} \sum_{\vartheta=i_{j-1}}^{i_j} t_j \prod_{\mu=1}^j L_j^{i_j-\vartheta} + \sum_{j=18}^{23} \sum_{\delta=\zeta_{j-1}}^{\zeta_j} t_j \prod_{\xi=18}^j L_j^{\zeta_j-\delta} \prod_{\psi=1}^{17} L_{\psi}^{x_{\psi}-\vartheta} \\ \text{Если } \bar{W} < \bar{Z} \\ \bar{Z} = \bar{W} \end{array} \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{Если } \bar{W} \geq \bar{Q} \\ \bar{Q} = \sum_{k=1}^{17} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=18}^{23} \sum_{\alpha=\nu_{k-1}}^{\nu_k} t_k \prod_{\beta=18}^k L_k^{\nu_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{17} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho} \\ \text{Если } \bar{W} < \bar{Q} \\ \bar{Q} = \bar{W} \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (1)$$

Уравнение с циклической проверкой каждой итерации на предмет остановки процесса

$$\left\{ \begin{array}{l} i_j = \sum_{\omega=1}^{17} x_j + 2J_{1j} \\ l_k = \sum_{\eta=1}^{17} q_k + 2J_{1k} \\ \bar{X} = \bar{Z} + \sum_{\varphi=1}^{2\tau} (\bar{Q} + N_{\varphi}) \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{Если } \bar{W} \geq \bar{Z} \\ \bar{Z} = \sum_{j=1}^{17} \sum_{\vartheta=i_{j-1}}^{i_j} t_j \prod_{\mu=1}^j L_j^{i_j-\vartheta} + \sum_{j=18}^{23} \sum_{\delta=\zeta_{j-1}}^{\zeta_j} t_j \prod_{\xi=18}^j L_j^{\zeta_j-\delta} \prod_{\psi=1}^{17} L_{\psi}^{x_{\psi}-\vartheta} \\ \text{Если } \bar{W} < \bar{Z} \\ \bar{Z}_j = \sum_{j=1}^{17} \sum_{\vartheta=i_{j-1}}^{i_j} t_j \prod_{\mu=1}^j L_j^{i_j-\vartheta} + \sum_{j=18}^{23} \sum_{\delta=\zeta_{j-1}}^{\zeta_j} t_j \prod_{\xi=18}^j L_j^{\zeta_j-\delta} \prod_{\psi=1}^{17} L_{\psi}^{x_{\psi}-\vartheta} \\ \bar{Z} = F_{min}(\bar{Z}_j - \bar{W} > 0) \rightarrow 0 \end{array} \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{Если } \bar{W} \geq \bar{Q} \\ \bar{Q} = \sum_{k=1}^{17} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=18}^{23} \sum_{\alpha=\nu_{k-1}}^{\nu_k} t_k \prod_{\beta=18}^k L_k^{\nu_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{17} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho} \\ \text{Если } \bar{W} < \bar{Q} \\ \bar{Q}_k = \sum_{k=1}^{17} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=18}^{23} \sum_{\alpha=\nu_{k-1}}^{\nu_k} t_k \prod_{\beta=18}^k L_k^{\nu_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{17} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho} \\ \bar{Q} = F_{min}(\bar{Q}_k - \bar{W} > 0) \rightarrow 0 \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (2)$$

Однако в основе выведенных уравнений (2) и (3) производятся сравнения элементов \bar{Z} и \bar{Q} с \bar{W} одновременно, что некорректно, поскольку в каждой из частей уравнений не происходит учет другого элемента.

Принимая во внимание вышесказанное, получим:

В первом случае:

$$\left\{ \begin{array}{l}
i_j = \sum_{\omega=1}^{17} x_j + 2J_{1j} \\
l_k = \sum_{\eta=1}^{17} q_k + 2J_{1k} \\
\bar{X} = \bar{Z} + \sum_{\varphi=1}^{2\tau} (\bar{Q} + N_{\varphi}) \\
\left\{ \begin{array}{l}
\text{Если } \bar{W} < \bar{Z} \\
\bar{Z} = \bar{W} \\
\bar{Q} = 0 \\
\text{Если } \bar{W} \geq \bar{Z} \\
\bar{Z} = \sum_{j=1}^{17} \sum_{\vartheta=i_{j-1}}^{i_j} t_j \prod_{\mu=1}^j L_j^{i_j-\vartheta} + \sum_{j=18}^{23} \sum_{\delta=\zeta_{j-1}}^{\zeta_j} t_j \prod_{\xi=18}^j L_j^{\zeta_j-\delta} \prod_{\psi=1}^{17} L_{\psi}^{x_{\psi}-\vartheta} \\
\text{Если } \bar{W} - \bar{Z} \geq \bar{Q} \\
\bar{Q} = \sum_{k=1}^{17} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=18}^{23} \sum_{\alpha=v_{k-1}}^{v_k} t_k \prod_{\beta=18}^k L_k^{v_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{17} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho} \\
\text{Если } \bar{W} - \bar{Z} < \bar{Q} \\
\bar{Q} = \bar{W} - \bar{Z}
\end{array} \right.
\end{array} \right. \quad (3)$$

Во втором случае:

$$\left\{ \begin{array}{l}
i_j = \sum_{\omega=1}^{17} x_j + 2J_{1j} \\
l_k = \sum_{\eta=1}^{17} q_k + 2J_{1k} \\
\bar{X} = \bar{Z} + \sum_{\varphi=1}^{2\tau} (\bar{Q} + N_{\varphi}) \\
\left\{ \begin{array}{l}
\text{Если } \bar{W} < \bar{Z} \\
\bar{Z}_j = \sum_{j=1}^{17} \sum_{\vartheta=i_{j-1}}^{i_j} t_j \prod_{\mu=1}^j L_j^{i_j-\vartheta} + \sum_{j=18}^{23} \sum_{\delta=\zeta_{j-1}}^{\zeta_j} t_j \prod_{\xi=18}^j L_j^{\zeta_j-\delta} \prod_{\psi=1}^{17} L_{\psi}^{x_{\psi}-\vartheta} \\
\bar{Z} = F_{\min}(\bar{Z}_j - \bar{W} > 0) \rightarrow 0 \\
\text{Если } \bar{W} \geq \bar{Z} \\
\bar{Z} = \sum_{j=1}^{17} \sum_{\vartheta=i_{j-1}}^{i_j} t_j \prod_{\mu=1}^j L_j^{i_j-\vartheta} + \sum_{j=18}^{23} \sum_{\delta=\zeta_{j-1}}^{\zeta_j} t_j \prod_{\xi=18}^j L_j^{\zeta_j-\delta} \prod_{\psi=1}^{17} L_{\psi}^{x_{\psi}-\vartheta} \\
\left\{ \begin{array}{l}
\text{Если } \bar{W} - \bar{Z} \geq \bar{Q} \\
\bar{Q} = \sum_{k=1}^{17} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=18}^{23} \sum_{\alpha=v_{k-1}}^{v_k} t_k \prod_{\beta=18}^k L_k^{v_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{17} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho} \\
\text{Если } \bar{W} - \bar{Z} < \bar{Q} \\
\bar{Q}_k = \sum_{k=1}^{17} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=18}^{23} \sum_{\alpha=v_{k-1}}^{v_k} t_k \prod_{\beta=18}^k L_k^{v_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{17} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho} \\
\bar{Q} = F_{\min}(\bar{Q}_k - (\bar{W} - \bar{Z}) > 0) \rightarrow 0
\end{array} \right.
\end{array} \right.
\end{array} \right. \quad (4)$$

Выведение уравнения сборки каркаса в третьем приближении

Поскольку в предыдущих уравнениях не была учтена возможность обработки изделия напрямую сборщиком, стоит провести анализ, какие элементы массива «Y» (подробно расписаны в [4]) имеет смысл поручать выполнять непосредственно слесарю. Сведем их в множество «Y1».

Чтобы не путать принадлежность элементов массивам «Y» и «Y1» обозначим «*» операции, выполняемые на станке слесарем.

В массив «Y1» будут входить:

- Простые детали, изготавливаемые на предприятии «B4*».
- Сборочные единицы / детали, требующие:
 - среднюю доработку «C2*»;
 - легкую доработку «C3*».
- Дорабатываемые детали каркаса «E*».
- Уменьшение размера шпильки «G3*».

Полученный массив примет следующий вид:

$$\overline{Y1} = \begin{cases} B4 * (t) \\ C2 * (t) \\ C3 * (t) \\ E * (t) \\ G3 * (t) \end{cases} \quad (5)$$

Для обработки любого элемента массива «Y1» необходимы дополнительные операции, связанные с наладкой и обслуживанием станка, на котором будет происходить работа. Назовем ее переменной «O». По своей природе этот элемент относится к множеству «Y». Для любой переменной массива «Y1» значение «O» может отличаться. Учитывая «Y1» и «O», количество операций для множества «Y» увеличится на 10 и уравнение (4), его будем считать наиболее истинным, примет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} i_j = \sum_{\omega=1}^{27} x_j + 2J_{1j} \\ l_k = \sum_{\eta=1}^{27} q_k + 2J_{1k} \\ \bar{X} = \bar{Z} + \sum_{\varphi=1}^{27} (\bar{Q} + N_{\varphi}) \\ \text{Если } \bar{W} < \bar{Z} \\ \bar{Z}_j = \sum_{j=1}^{27} \sum_{\vartheta=i_{j-1}}^{i_j} t_j \prod_{\mu=1}^j L_j^{i_j-\vartheta} + \sum_{j=28}^{33} \sum_{\delta=\zeta_{j-1}}^{\zeta_j} t_j \prod_{\xi=28}^j L_j^{\zeta_j-\delta} \prod_{\psi=1}^{27} L_{\psi}^{x_{\psi}-\vartheta} \\ \bar{Z} = F_{min}(\bar{Z}_j - \bar{W} > 0) \rightarrow 0 \\ \text{Если } \bar{W} \geq \bar{Z} \\ \bar{Z} = \sum_{j=1}^{27} \sum_{\vartheta=i_{j-1}}^{i_j} t_j \prod_{\mu=1}^j L_j^{i_j-\vartheta} + \sum_{j=28}^{33} \sum_{\delta=\zeta_{j-1}}^{\zeta_j} t_j \prod_{\xi=28}^j L_j^{\zeta_j-\delta} \prod_{\psi=1}^{27} L_{\psi}^{x_{\psi}-\vartheta} \\ \text{Если } \bar{W} - \bar{Z} \geq \bar{Q} \\ \bar{Q} = \sum_{k=1}^{27} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=28}^{33} \sum_{\alpha=v_{k-1}}^{v_k} t_k \prod_{\beta=28}^k L_k^{v_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{27} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho} \\ \text{Если } \bar{W} - \bar{Z} < \bar{Q} \\ \bar{Q}_k = \sum_{k=1}^{27} \sum_{\rho=l_{k-1}}^{l_k} t_k \prod_{\sigma=1}^k L_k^{l_k-\rho} + \sum_{k=28}^{33} \sum_{\alpha=v_{k-1}}^{v_k} t_k \prod_{\beta=28}^k L_k^{v_k-\alpha} \prod_{\theta=1}^{27} L_{\theta}^{q_{\theta}-\rho} \\ \bar{Q} = F_{min}(\bar{Q}_k - (\bar{W} - \bar{Z}) > 0) \rightarrow 0 \end{array} \right. \quad (6)$$

Заключение

В результате проделанной работы было выведено уравнение сборки каркаса силового, управляющего, в частности, радиоэлектронного оборудования для АЭС в третьем приближении. Уравнение практически полностью лишено допущений. В последующем исследовании будет убрано последнее допущение – безграничное время работы и бесконечный трудовой день.

Литература

1. Федеральная служба государственной статистики «Россия в цифрах» [сайт]. URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b17_11/IssWWW.exe/Stg/d01/13-02.doc (дата обращения: 25.06.2018)
2. Захарова Т.С. Состояние и тенденции развития машиностроения в России // Международный научный журнал «Инновационная наука». – Уфа: Аэтерна, 2016. – №3. – С. 102–105.
3. Loskutov I.A. Causes for protracted production of equipment for nuclear power plants // Information Innovative Technologies: Materials of the International scientific – practical conference – Prague, 2018, p. 392-396.
4. Лоскутов И.А. Определение нормы рабочего времени сборки каркаса силового и / или управляющего, включая радиоэлектронное оборудования на предприятиях, занимающихся разработкой изделий для АЭС // Журнал исследований по управлению –

М.: Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М». – 2018. – Т. 4. – №6. – С. 24–42. URL: <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/21002/view>. (дата обращения: 24.06.2018).

5. *Лоскутов И.А.* Определение нормы рабочего времени сборки каркаса силового и / или управляющего, включая радиоэлектронное оборудования на предприятиях, занимающихся разработкой изделий для АЭС. Второе приближение // Вестник КеМРИПК – Кемерово. – 2018. – Т. 2. – С. 12–19. URL: <https://yadi.sk/i/amUic6FU3Yi363> (дата обращения: 03.07.2018).