

# АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ ГРАФИКОВ ПЛАНОВО-ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ДЛЯ ПАРОВЫХ КОТЛОВ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

*В.Л. Баданина*

Рассматривается автоматизация процессов планирования ремонтно-технического обслуживания паровых котлов теплоэлектростанций. Автоматическое планирование осуществляется на основе приоритетного подхода с учетом вводимых факторов регламентной периодичности и продолжительности по видам проводимых ремонтов (капитальный, средний, текущий). При этом предусматривается корректировка полученных проектов графиков специалистами станций в автоматизированном режиме. Приводятся результаты формализации ограничений, которые необходимо учитывать при расстановке ремонтов, в том числе ограничений, задаваемых для различных станций и различных типов агрегатов, а также ограничений, задаваемых на пересечение агрегатов в рамках одной станции. Также алгоритм предусматривает учет дней, в течение которых проведение определенного вида ремонтных работ нежелательно. Предложены способы реализации данных ограничений с учетом равномерного распределения ремонтов в течение года.

*Ключевые слова:* график планово-предупредительных работ, паровой котел, управление.

## Введение

Для того чтобы осуществлять эффективное планирование ремонтно-технического обслуживания паровых котлов теплоэлектростанций, необходим учет большого количества ограничений. Результаты планирования целесообразно отражать в виде графиков планово-предупредительных работ (ППР), объединяющих информацию о датах начала и окончания ремонтных работ для всех агрегатов теплоэлектростанции в течение года планирования. Поскольку составление графиков ППР требует проведения комплексного анализа большого объема разнородной информации, актуальной задачей является автоматизация процессов планирования ремонтных работ паровых котлов. Решение данной задачи требует разработки методического обеспечения автоматизированного формирования графиков ППР.

При разработке алгоритмов автоматизированного формирования графиков ППР использовались нормативно-руководящие документы [1].

## 1. Исходные данные для планирования

Алгоритм автоматизированного формирования графиков ППР должен осуществить правильную расстановку ремонтов внутри агрегата, учитывая ограничения, задаваемые для различных станций и различных типов агрегатов, а также учесть ограничения, задаваемые на пересечение агрегатов в рамках одной станции. При этом необходимо осуществить равномерное распределение ремонтов агрегата в течение всего года планирования.

Перечень всех ограничений, которые необходимо учесть при расстановке ремонтов, представляет собой исходные данные для планирования. Общий перечень исходных данных для автоматизированного формирования графиков ППР включает в себя:

- 1) статистику ремонтов для каждого агрегата;
- 2) периоды года, исключаемые из рассмотрения для каждого типа ремонта (матрица исключения);
- 3) информацию о том, для каких типов ремонтов допустимо пересечение между ремонтами различных агрегатов станции (матрица пересечения ремонтов);
- 4) информацию о том, какие типы ремонтов и в каком количестве могут проводиться на агрегате в течение года планирования (матрица распределения ремонтов);
- 5) константы, редактируемые пользователем при необходимости, в том числе:

- а) интервал до и интервал после ремонта, который должен соблюдаться между ремонтами различных агрегатов станции, следующими друг за другом,
- б) количество дней в начале или в конце ремонта определенного типа, когда допускается пересечение с ремонтами других агрегатов,
- в) продолжительность ремонтов различного типа для разных станций,
- г) максимальное количество ремонтов в месяц,
- д) минимальный интервал в днях между ремонтами агрегата, следующими друг за другом.

Данные, приведенные выше, используются для автоматизированного составления графика ППР. При необходимости пользователь может внести изменения в график, например, изменить продолжительность отдельных ремонтов, добавить дополнительные ремонты или удалить лишние. При этом предполагается, что вся ответственность за принятие решений возлагается на пользователя-эксперта, поэтому в ручном режиме редактирования графика ППР не действуют ограничения на расстановку, они лишь выступают в качестве справочных данных, помогающих пользователю правильно ориентироваться в исходных данных для каждого агрегата.

Одним из ключевых источников информации для осуществления, расстановки ремонтов на графике ППР является матрица распределения. Матрица распределения предназначена для хранения информации о том, какое количество ремонтов различного типа может быть проведено на агрегате в течение одного года. Анализ нормативной документации [1] об интервалах проведения ремонтов различного типа и их количестве показал, что с точки зрения задачи формализации существующих подходов к распределению ремонтов на графике ППР можно выделить три типа календарных года:

- год, в который проводится капитальный ремонт;
- год, в который проводится средний ремонт;
- год, в который не проводится ни капитального, ни среднего ремонта.

Каждому типу агрегата соответствует своя матрица распределения, которая наполняется информацией согласно данным из нормативной документации.

## 2. Алгоритмы расстановки ремонтов

Далее подробнее рассмотрим алгоритмы расстановки капитальных, средних и текущих ремонтов на графике ППР. При выделении определенного временного интервала под выполнение ремонтных работ, алгоритму расстановки необходимо знать следующие характеристики: дату начала, продолжительность и дату окончания ремонта. Продолжительность ремонта является константой, загружаемой из базы данных, значение которой зависит от типа ремонта и вида станции, для которого составляется график ППР. Значения даты начала и даты окончания ремонта являются расчетными величинами, при определении которых необходимо учитывать ряд ограничений, представленных ниже.

1. Для капитального ремонта дата его проведения не может быть позже разрешенного срока эксплуатации.
2. Для капитальных, средних и текущих ремонтов необходимо учитывать ограничения, накладываемые на пересечение ремонтов различного вида, а также соблюдать заданные интервалы между ремонтами агрегатов, следующих друг за другом.
3. Для капитальных, средних и текущих ремонтов необходимо исключить из рассмотрения календарные дни, в которые проведение данных типов работ нежелательно.
4. Для текущих ремонтов необходимо осуществить их равномерное распределение между капитальными и средними ремонтами.
5. Количество ремонтов различного типа, проведение которых на агрегатах станции запланировано в течение месяца, не должно превышать определенную заданную величину.

Для учета ограничений на пересечение ремонтов используется матрица пересечения размерностью  $3 \times 3$ , где строками и столбцами матрицы являются типы ремонтов, а ячейками – запрет или разрешение на пересечение между ремонтами различного типа. Для каждого вида агрегата создается своя матрица пересечения.

Для того чтобы совместно анализировать размещение ремонтов различного типа для всего перечня агрегатов станции и исключить возможность пересечения, необходимо ввести два дополнительных рабочих массива: матрицу расстановки и матрицу занятости.

Размерность матрицы расстановки должна составлять «количество агрегатов станции» × «количество дней в году планирования», соответственно, строками матрицы будут агрегаты, а столбцами – календарные дни. Заполненная автоматически и отредактированная пользователем, матрица расстановки будет представлять собой график ППР, детализованный по дням выполнения ремонтов.

Для того чтобы анализировать пересечения между ремонтами различных типов, необходимо ввести матрицу занятости размерностью «количество типов ремонтов» × «количество дней в году планирования», которая позволит четко отслеживать, какие интервалы времени являются свободными для всего перечня агрегатов.

Структура матриц расстановки и занятости с примером наполнения представлена на рисунке.



**Структура матриц расстановки и занятости**

Для каждого типа ремонта также необходимо предусмотреть учет дней, в течение которых проведение данного вида ремонтных работ нежелательно. Реализация данных ограничений осуществляется посредством матрицы исключения, размерностью 3×365, где строками матрицы являются типы ремонтов, столбцами – календарные дни, а в ячейках указывается запрет или разрешение на проведение данного типа ремонтных работ. В случае совпадения двух и более интервалов исключения, в матрицу заносится результат их логического объединения.

Помимо периодов, исключаемых пользователем из рассмотрения посредством редактирования матрицы исключения, необходимо также программно предусмотреть учет выходных дней. При размещении среднего или капитального ремонта дата начала должна приходиться на рабочий день, а дата окончания ремонта не может приходиться на пятницу или субботу, поскольку следующий день после окончания ремонта предназначен для пуска агрегата в эксплуатацию, для чего необходимо присутствие руководящего персонала.

### **Заключение**

В рамках исследований по повышению эффективности планирования ремонтно-технического обслуживания паровых котлов теплоэлектростанций была разработана методика автоматизированного формирования графиков ППР. Методика включает формализованную процедуру автоматического формирования проектов графиков ППР для паровых котлов. Автоматическое планирование осуществляется на основе приоритетного подхода, с учетом вводимых факторов регламентной периодичности и продолжительности по видам проводимых ремонтов (капитальный, средний, текущий). При этом предусматривается корректировка полученных проектов графиков специалистами станций в автоматизированном режиме.

### **Литература**

1. Положение о планово-предупредительном ремонте энергетического оборудования предприятий системы Министерства черной металлургии СССР. – Харьков: ВНИИОЧермет, 1982. – 68 с.

---

Баданина Вера Львовна, канд. техн. наук, доцент кафедры автоматики и управления, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск); kzveral@mail.ru.

Поступила в редакцию 20 августа 2014 г.

---

*Bulletin of the South Ural State University*  
*Series "Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics"*  
2014, vol. 14, no. 4, pp. 139–142

---

## ALGORITHMS OF AUTOMATIC CREATION OF THERMAL POWER PLANTS STEAM BOILERS PREVENTIVE MAINTENANCE SCHEDULES

*V.L. Badanina, South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation,*  
*kzveral@mail.ru*

This paper describes an automated planning management of thermal power plants steam boilers preventive maintenance. Automated planning is based on priority method which considers input factors of scheduled periodicity and length of different types of maintenance tasks, including major, middle and minor repairs. Resulting maintenance schedules can be adjusted by thermal power plants specialists in an automated mode. The results of main restriction criteria formalization are provided, including restrictions for different thermal power plants and different types of plant items, repairs intersection restrictions and excluding of specific periods during which some types of repairs shouldn't be carried out. The algorithms of automatic proportional maintenance allocation based on the restriction criteria are given.

*Keywords: maintenance schedule, steam boiler, control.*

### References

1. *Polozhenie o planovo-predupreditel'nom remonte energeticheskogo oborudovaniya predpriyatiy sistemy Ministerstva chernoy metallurgii SSSR* [USSR Ferrous Metallurgy Plants Energy Equipment Scheduled-Preventive Maintenance Thesis]. Kharkov, VNIIOChermet, 1982. 68 p.

*Received 20 August 2014*