



Министерство образования
Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Тепловые электрические станции»

С.А. Качан

**РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ
СЕТЕВОГО ГРАФИКА
КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА
ПАРОГЕНЕРАТОРА**

*Методическое пособие
по выполнению курсовой работы*

Минск 2009

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Тепловые электрические станции»

С.А. Качан

РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ
СЕТЕВОГО ГРАФИКА
КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА
ПАРОГЕНЕРАТОРА

Методическое пособие
по выполнению курсовой работы по дисциплине
«Технология монтажа и ремонта оборудования ТЭС»
для студентов специальности
1-43 01 04 «Тепловые электрические станции»

Минск 2009

УДК 621.181 – 7:378.091.313 (075.8)

ББК 31.361я7

К 30

Рецензенты:

Н.Г. Хутская, Л.А. Тарасевич

Качан, С.А.

К 30 Расчет и построение сетевого графика капитального ремонта парогенератора: методическое пособие по выполнению курсовой работы по дисциплине «Технология монтажа и ремонта оборудования ТЭС» для студентов специальности 1-43 01 04 «Тепловые электрические станции» / С.А. Качан. – Минск: БНТУ, 2009. – 56 с.

ISBN 978-985-525-221-5.

Курсовая работа, выполняемая студентами при изучении дисциплины «Технология монтажа и ремонта оборудования ТЭС», посвящена сетевому планированию и управлению ремонтными работами и предусматривает разработку сетевых графиков капитального ремонта основного оборудования ТЭС.

В настоящем пособии изложены методические основы расчета и построения сетевых графиков, а также рассмотрены технологическая последовательность и характеристика работ, производимых при капитальном ремонте парогенераторов с их вспомогательным оборудованием.

В приложении приведены сетевые графики и описание технологического процесса капитального ремонта барабанного и прямоточного парогенераторов.

Пособие предназначено для студентов дневного и заочного отделений, обучающихся по специальности 1-43 01 04 «Тепловые электрические станции».

УДК 621.181 – 7:378.091.313 (075.8)

ББК 31.361я7

ISBN 978-985-525-221-5

© Качан С.А., 2009

© БНТУ, 2009

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВД – высокое давление
ВРЧ – верхняя радиационная часть
ВТО – восстановительная термообработка
ВЭК – водяной экономайзер
ГПП – «горячий» промперегрев
КИП – контрольно-измерительные приборы
КПП – конвективный пароперегреватель
КО – «Котлоочистка»
ЛМ – лаборатория металлов
МПД – магнитопорошковая дефектоскопия
НД – низкое давление
НРЧ – нижняя радиационная часть
ОП – острый пар
ПЗ – переходная зона
ПП – промперегрев
ПЭ – потолочный экран
РВП – регенеративный воздухоподогреватель
СД – среднее давление
СПУ – сетевое планирование и управление
СРЧ – средняя радиационная часть
ХПП – «холодный» промперегрев
ЦЦР – цех централизованного ремонта
УЗК – ультразвуковой контроль
ШПП – ширмовый пароперегреватель
ЭПК – экраны поворотной камеры
ЭТИ – «Энерготеплоизоляция»
ЭЦ – электроцех

ВВЕДЕНИЕ

Надежная и экономичная работа энергетических установок во многом обеспечивается за счет совершенствования системы их технического обслуживания и ремонта. При этом ремонт оборудования современных электростанций является сложным технологическим процессом, в котором участвует большое число рабочих и инженерно-технических работников и используются многие виды ремонтной техники.

С целью сокращения сроков простоя оборудования, повышения производительности труда, сокращения материальных и финансовых затрат на проведение ремонта при одновременном обеспечении высокой надежности и экономичности отремонтированного оборудования ремонт должен организовываться по системе сетевого планирования и управления (СПУ) [1].

Для более глубокого изучения технологии капитального ремонта энергетического оборудования и освоения методики разработки и расчета сетевых графиков в рамках изучения дисциплины «Технология монтажа и ремонта оборудования ТЭС» предусматривается выполнение курсовой работы, посвященной расчету и построению сетевого графика капитального ремонта котло– или турбоустановки со вспомогательным оборудованием.

Целью курсовой работы является закрепление и расширение знаний студентов специальности 1-43 01 04 «Тепловые электрические станции» по указанной дисциплине.

Основными **задачами** работы являются:

- освоение сетевых методов планирования и навыков разработки, расчета и оптимизации сетевых графиков капитального ремонта энергоустановок;
- изучение технологического процесса капитального ремонта основного оборудования, в течение которого производятся как типовые, так и сверхтиповые работы, а также мероприятия по реконструкции и модернизации.

В данном методическом пособии рассматриваются вопросы расчета и построения сетевого графика капитального ремонта парогенератора со вспомогательным оборудованием.

Исходные данные для выполнения курсовой работы выдаются индивидуально преподавателем и включают:

- тип теплоэнергетической установки;

- ее техническое состояние (то есть те работы, которые необходимо произвести сверх типовой номенклатуры);
- продолжительность ремонта и численность ремонтного персонала (определяются на основе директивных документов с учетом предстоящего объема работ).

В объем **расчетно-пояснительной записки** должны быть включены следующие разделы:

- введение;
- основные принципы расчета и построения сетевых графиков;
- техническая характеристика подлежащего ремонту агрегата;
- выделение ремонтных узлов и определение технологической последовательности ремонтных работ;
- построение, оптимизация и расчет сетевого графика с выявлением критического пути и резервов времени;
- расчет и сведение баланса трудозатрат;
- заключение;
- литература.

Сетевой график ремонта энергоустановки с указанием календарных сроков планируемых работ и трудозатрат, необходимых для их выполнения, вычерчивается без масштабов на листе формата А1.

1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ, РАСЧЕТА И ОПТИМИЗАЦИИ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ

1.1. Назначение сетевых графиков

В основе системы СПУ лежит сетевая модель ремонта, которая позволяет определять реальный календарный план, решать задачи по рациональному использованию ресурсов, анализировать фактическое состояние комплекса ремонтных работ и прогнозировать их на будущее, и в итоге обеспечить окончание работ в установленные сроки при высоком их качестве.

Графическое изображение сетевой модели, отражающее технологический процесс и содержащее информацию о ходе ремонтных работ, называется **сетевым графиком**.

Примеры сетевых графиков капитального ремонта котлоагрегатов приведены на рис. 2.1 раздела 2, а также на рис. П1.2 и П2.2 приложения.

Сетевые графики позволяют [2]:

- отображать структуру проекта работ с любой степенью детализации;
- производить расчеты планов выполнения работ, осуществлять обоснованное прогнозирование критических работ и концентрировать внимание на их выполнении;
- производить анализ решений по изменению технологической последовательности работ и распределению ресурсов с целью повышения эффективности работ;
- точно обосновывать продолжительность выполнения работ и необходимые трудовые ресурсы;
- осуществлять сбор и обработку информации о фактическом выполнении работ, то есть контролировать их ход.

1.2. Элементы сетевого графика

Основными элементами сетевого графика являются работа и событие.

Работа – этап трудового процесса, требующий затрат времени и ресурсов. На сетевом графике работа изображается линией со стрелкой на конце, вычерченной без масштаба. Над линией или под ней указывают наименование работы, с другой стороны линии условным кодом записывают характеристику работы (рис. 1.1).

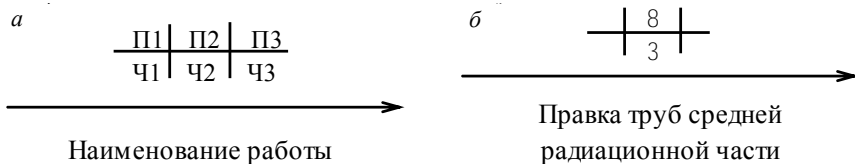


Рис. 1.1. Изображение работы на сетевом графике:
 а – условное обозначение записи продолжительности работы, количества занятых рабочих и номера рабочей смены; б – пример обозначения

На рис. 1.1, а обозначено: П1 – продолжительность (в рабочих днях) данной работы в первой смене; П2 – то же во второй смене; П3 – то же в третьей смене; Ч1 – число рабочих в первой смене; Ч2 – то же во второй смене; Ч3 – то же в третьей смене.

Запись на рис. 1.1, б читается следующим образом: правка труб средней радиационной части длится 8 дней и выполняется тремя рабочими во вторую (дневную) смену.

На сетевых графиках, приведенных в данном методическом пособии, условно принято производство работ во вторую восьмичасовую рабочую смену, и обозначение работ упрощено.

На сетевых графиках различают три вида работ:

- 1) действительная **работа**, на производство которой затрачиваются время и ресурсы (трудовые, материальные, энергетические и пр.);
- 2) **ожидание**, которое требует только затрат времени;
- 3) **фиктивная работа**, которая обозначает зависимость начала одной или нескольких работ от окончания одной или нескольких предыдущих работ.

Действительная работа изображается *сплошной* линией.

Технологическое ожидание [2] означает технологический перерыв или работу, не требующую затрат труда и ресурсов, но отнимающую время (охлаждение, высыхание краски, твердение бетона и пр.). В записи кода ожидания вместо Ч1, Ч2 и Ч3 ставят нули, а у *сплошной* линии со стрелкой указывают ту операцию, которая заставляет ждать.

Фиктивная работа, или зависимость, не требует затрат времени и ресурсов, используется для изображения объективно существующих технологических зависимостей между ремонтными работами и обозначается *пунктирной* линией без указания в ее коде на время и ресурсы.

Событие – это результат свершения одной работы или совокупный результат свершения нескольких работ, позволяющий начать одну или несколько следующих работ.

События обозначают кружком и соединяют стрелками (работами) в соответствии с определенными правилами таким образом, что образуется сетевая модель – сетевой график.

По отношению к работе событие играет двойственную роль – оно показывает, что входящая в событие работа закончена, а выходящая из события работа может быть начата.

Событие в отличие от работы не является процессом и не имеет продолжительности, его характеристикой является время свершения.

Графическое изображение каждого события сетевой модели (кружок) делится на четыре сектора, в которые вписываются следующие данные (рис. 1.2):

i – номер данного события;

t_{pi} – раннее время свершения события;

t_{ni} – позднее время свершения события;

j – номер непосредственно предшествующего события, расчетом от которого найдено t_{pi} .

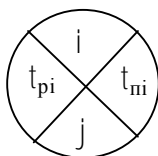


Рис. 1.2. Обозначение секторов событий

Правила расчета t_{pi} и t_{ni} приведены ниже.

События подразделяются на:

- *исходные*, не имеющие ни одной входящей работы и служащие началом построения сетевого графика (например, 0 на рис. 2.1);
- *завершающие*, обозначающие окончание комплекса работ; они не имеют ни одной выходящей работы (например, 17 на рис. 2.1);
- *промежуточные*, свершение которых означает окончание всех входящих в них работ и возможность начала выполнения всех выходящих работ.

В зависимости от количества входящих и выходящих работ события подразделяют на *простые* и *сложные* (узловые) [3]. Первые

имеют только одну входящую и одну выходящую работы, вторые – несколько входящих и выходящих работ. Сложное событие может считаться свершившимся только тогда, когда окажутся выполненными все работы, которые в него входят. Работу, которая выходит из события, нельзя начинать, пока не будут закончены все работы, входящие в событие.

Каждая работа на сетевом графике соединяет два события – предшествующее данной работе (начальное событие) и следующее за ней (конечное событие). Поэтому каждая работа кодируется цифрами ее начального и конечного событий.

На рис. 1.3 для примера представлен фрагмент сетевого графика с последовательно производимыми работами $h-j$, $j-i$, $i-k$ длительностью соответственно τ_{h-j} , τ_{j-i} , τ_{i-k} и последовательно наступающими событиями j , i и k (событие h на рисунке не показано).

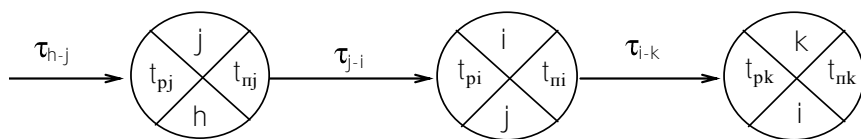


Рис. 1.3. Фрагмент сетевого графика с последовательно производимыми работами $h-j$, $j-i$, $i-k$ и последовательно наступающими событиями j , i и k

У двух смежных работ, например, $j-i$ и $i-k$, имеется общее событие i , которое для предшествующей работы $j-i$ является конечным, а для последующей $i-k$ – начальным.

1.3. Правила построения сетевых графиков

Существуют следующие основные **правила** построения сетевых графиков.

1. События должны располагаться в соответствии с технологическим порядком выполнения работ.
2. В графике не должно быть нескольких исходных или нескольких завершающих событий. Должно быть только одно исходное событие, из которого работы только выходят, и одно завершающее событие, в которое работы только входят.

3. Исходное событие размещают слева и построение графика ведут слева направо. Линии работ располагают горизонтально или наклонно, при этом линии не должны пересекать кружки событий. Пересечение линий работ допускается, но оно ухудшает наглядность графика и должно быть сведено к минимуму.

4. Каждое событие должно иметь свой номер (нумерация производится последовательно числами натурального ряда, начиная с единицы).

5. Нумерацию событий сетевого графика для удобства расчета следует выполнять упорядоченно: по цепочкам слева направо, в пределах графика – сверху вниз так, что номер конечного события каждой работы должен быть больше номера начального события этой работы (при этом, однако, нумерация одного и того же сетевого графика может быть различной).

6. В соответствии с нумерацией событий каждая работа получает свой индивидуальный шифр.

7. Любые два события должны быть непосредственно связаны не более чем одной работой (стрелкой). Нарушение этого условия происходит при изображении параллельно выполняемых работ. В этом случае рекомендуется ввести фиктивное событие и фиктивную работу, при этом одна из параллельных работ замыкается на это фиктивное событие (рис. 1.4).

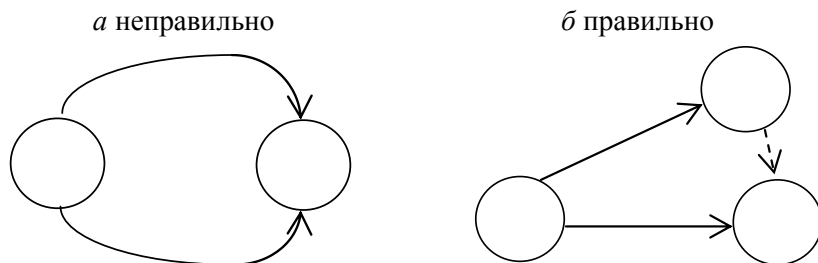


Рис. 1.4

8. Фиктивные работы и события необходимо вводить и в ряде других случаев. Например, работы А и В (рис. 1.5) могут выполняться независимо друг от друга, но по условиям производства работа В не может начаться раньше, чем окончится работа А. Это обстоятельство требует введения фиктивной работы С.

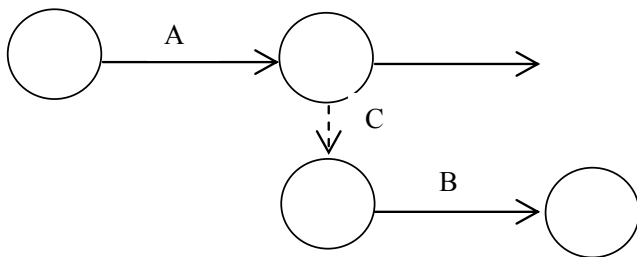


Рис. 1.5

9. В сетевой модели не должно быть «тупиковых» событий, то есть событий, из которых не выходит ни одна работа (за исключением завершающего события). Здесь либо работа не нужна, и ее необходимо аннулировать, либо не замечена необходимость определенной работы, следующей за событием для свершения какого-либо последующего события. В таких случаях необходимо тщательное изучение взаимосвязей событий и работ для исправления возникшей ошибки.

10. В сетевом графике не должно быть событий (кроме исходного), которым не предшествует хотя бы одна работа. Обнаружив в сети такие события, необходимо определить исполнителей предшествующих им работ и включить эти работы в сеть.

11. В сети не должно быть замкнутых контуров и петель, то есть путей, соединяющих некоторые события с ними же самими.

1.4. Критический путь и резервы времени

Непрерывная последовательность из стрелок и кружков называется **путем**.

При этом различают:

- полный путь – с началом у исходного события и концом у завершающего;
- предшествующий данному событию путь – с началом у исходного и концом у данного события;
- следующий за данным событием путь – с началом у данного события и концом у завершающего события графика.

Количество полных путей в сетевом графике определяется возможностью параллельного ведения работ.

Продолжительность любого пути определяется суммой продолжительностей входящих в него работ. Для выполнения работ по каждому пути требуется различное время, поэтому по большинству путей создаются резервы времени, так как конечное событие, то есть окончание капитального ремонта в запланированный срок, не может быть обеспечено до тех пор, пока не будут выполнены работы по всем путям.

Один из полных путей, который имеет наибольшую продолжительность составляющих его работ, называется **критическим**. Таких путей может быть несколько, и каждый из них определяет общую продолжительность проведения капитального ремонта, поскольку опоздание в выполнении лежащих на нем работ приведет к задержке выполнения всего комплекса работ в срок.

На сетевом графике критический путь часто изображается утолщенной линией (см. рис. 2.1).

Работы, находящиеся на критическом пути, не имеют запасов времени для своего выполнения и называются критическими. Работы, находящиеся на других параллельных путях, являются менее напряженными, так как имеют запас времени и в определенной мере не влияют на конечный срок ремонта.

При составлении плана выполнения ремонта одной из главных задач является изыскание методов сокращения продолжительности работ, находящихся на критическом пути. За выполнением этих работ устанавливают тщательный контроль.

По сетевому графику для любой работы можно определить ранний и поздний сроки ее начала, а также ранний и поздний сроки ее окончания. *Ранний срок начала работы* – это самый ранний из возможных сроков, когда она может быть начата. *Ранний срок окончания работы* – это самое раннее начало плюс продолжительность работы. *Поздний срок начала работы* – это самый поздний из допустимых сроков, когда она может быть начата без изменения продолжительности критического пути. *Поздний срок окончания работы* определяют, прибавив к позднему сроку начала работы ее продолжительность.

Более подробно последовательность расчета сетевого графика приведена в подразделе 1.6.

Ранние и поздние сроки начала и окончания работ позволяют определить отрезки времени, в пределах которых можно изменять

сроки начала и окончания каждой работы и сроки свершения каждого события без нарушения срока окончания всех работ. Эти отрезки времени составляют **резерв времени** работы.

Разница между длинами критического и любого другого пути называется **полным резервом времени** этого пути. Резервы времени используют при планировании и управлении с помощью системы СПУ для оптимизации плана ремонта, контроля за его выполнением и прогнозирования хода работ.

1.5. Последовательность разработки сетевого графика

Начальным этапом создания сетевого графика капитального ремонта является разработка его структурной схемы.

При выполнении курсовой работы необходимо построить так называемый **агрегатный** сетевой график капитального ремонта. Подлежащее ремонту оборудование (агрегат) делится на узлы, которые являются наименьшей частью структурной схемы агрегатного сетевого графика.

Например, при построении сетевого графика капитального ремонта барабанного парогенератора можно выделить следующие узлы (см. рис. 2.1):

- барабан;
- экраны топки;
- пароперегреватель;
- горелочные устройства;
- водяной экономайзер;
- арматура;
- трубопроводы;
- воздухоподогреватель;
- газоздуховоды;
- тягодутьевые механизмы;
- гарнитура, лестницы, площадки.

Рассматривая структурную схему снизу вверх, то есть от наименьших структурных единиц к более крупным, сначала составляются **узловые** сетевые графики, в которые входят работы, необходимые при выполнении ремонта данного узла. Эти графики соединяются или, как принято говорить, сшиваются в один общий агрегатный сетевой график фиктивными работами.

Узловые графики капитального ремонта парогенератора разрабатываются на основе анализа объема предстоящих работ и составляются с указанием всех технологических операций в том порядке, в каком они должны производиться при ремонте. При этом выделяются последовательности работ, которые могут выполняться одновременно и независимо друг от друга, то есть параллельно.

Составление сетевого графика начинается с разработки таблицы, в которой весь технологический процесс капитального ремонта по узлам агрегата представляется в виде перечня отдельных четко сформулированных работ, являющихся законченными технологическими этапами.

Пример такого перечня приведен в табл. 2.1 раздела 2, а также табл. П1.1 и П2.1.

Для каждой из работ должны быть определены трудовые затраты, необходимые исполнители и продолжительность выполнения.

Кроме того, для установления технологической последовательности выполнения работ должно быть определено, что необходимо сделать до начала данной работы, какая работа будет производиться после ее окончания и какие работы могут выполняться параллельно с ней. Каждая работа должна начинаться после окончания работ, мешающих ее началу, или тех, без выполнения которых она не может быть начата.

Объем работы определяется из практики прошлых ремонтов.

В процессе составления сетевого графика выявляются работы, которые могут оказаться более трудоемкими, лимитирующими срок окончания ремонта и требующими двух- или трехсменной работы для выполнения их в намеченный срок.

Распределение бригад по сменам производится с таким расчетом, чтобы наибольшее количество работ производилось в дневной смене, обеспечивающей наибольшую производительность труда.

Назначение в две или три смены производится только на особо трудоемких работах или на параллельных работах, требующих одновременного использования оборудования.

1.6. Расчет сетевого графика

После построения первоначального варианта сетевого графика он зашифровывается. При этом вносится информация в сектора кружков (событий) в следующем порядке.

Вначале производится порядковая нумерация всех событий – то есть заполняется верхний сектор кружков. Так, на сетевом графике, изображенном на рис. 2.1, пронумеровано 58 событий. В соответствии с нумерацией событий оказываются зашифрованными и все работы.

Далее последовательно слева направо начиная с начального события определяется раннее время свершения каждого i -го события t_{pi} , то есть заполняется левый сектор кружков следующим образом.

Для начального события принимается $t_{p0} = 0$.

Для каждого i -го события (см. рис. 1.3)

$$t_{pi} = t_{pj} + \tau_{j-i}$$

где j – событие, предшествующее i -му;

τ_{j-i} – продолжительность работы, предшествующей i -му событию.

Если к i -му событию подходят несколько работ, то за t_{pi} принимается максимальное, поскольку событие не может наступить, пока не будут произведены все приводящие к нему работы.

Например, на графике рис. 2.1:

– для 1-го события $t_{p1} = t_{p0} + \tau_{0-1} = 0 + 2 = 2$;

– для 2-го события $t_{p2} = t_{p1} + \tau_{1-2} = 2 + 2 = 4$;

– для 6-го события $t_{p6} = t_{p2} + \tau_{2-3} + \tau_{3-4} + \tau_{4-5} + \tau_{5-6} = 4 + 3 + 3 + 3 + 15 = 28$;

– к 9-му событию подходят несколько путей; следуя по наиболее длинному из них, получаем $t_{p9} = t_{p6} + \tau_{6-9} = 28 + 8 = 36$;

– к 11-му и 15-му событиям также подходят несколько путей; следуя по наиболее длинным из них, находим $t_{p11} = t_{p9} + \tau_{9-10} + \tau_{10-11} = 36 + 3 + 5 = 44$ и $t_{p15} = t_{p11} + \tau_{11-12} + \tau_{12-13} + \tau_{13-14} + \tau_{14-15} = 44 + 2 + 5 + 2 + 2 = 55$.

Для 17-го, заключительного, события $t_{p17} = t_{p15} + \tau_{15-16} + \tau_{16-17} = 55 + 3 + 2 = 60$.

После определения раннего времени наступления всех событий, в нижний сектор каждого кружка вносится порядковый номер события, предшествующего данному, при следовании к нему по самому напряженному пути.

Это означает следующее:

– когда к i -му событию подходит одна работа, то ставится порядковый номер события, непосредственно предшествующего данному ($i - 1$);

– когда к i -му событию подходят несколько работ – номер события, определяющего наступление данного, то есть события, для которого величина $t_{pi} = t_{pj} + \tau_{j-i}$ максимальна.

Например, для 1-го события – это 0-е событие, для 2-го – 1-е, для 18-го – 1-е событие, для 19-го это в равной степени события 18 и 2, для 9-го – это 6-е событие, для 11-го – в равной степени события 10 и 25, для 15-го – это 14-е событие и т.д.

Если для заключительного k -го события (завершения капитального ремонта) t_{pk} превышает директивное (запланированное), то производится оптимизация сетевого графика (подраздел 1.7).

Для оптимизированного сетевого графика раннее t_{pk} и позднее t_{nk} время наступления заключительного k -го события совпадают, и числа в левом и правом секторах равны директивному времени, отведенному для проведения данного ремонта, $t_{pk} = t_{nk}$.

Так, для рассматриваемого сетевого графика на рис. 2.1 $t_{p17} = t_{n17} = 60$.

После оптимизации сетевого графика справа налево последовательно, начиная с конечного события, заполняются правые сектора кружков, то есть определяется позднее время наступления событий (см. рис. 1.3)

$$t_{ni} = t_{nk} - \tau_{i-k}.$$

где τ_{i-k} – продолжительность работы, выходящей из рассматриваемого i -го события.

Если таких работ несколько – то проставляется минимальное значение, поскольку событие не должно наступить позднее, чем должны начаться все следующие за ним работы.

Например

$$\begin{aligned} t_{n16} &= t_{n17} - \tau_{16-17} = 60 - 2 = 58; \\ t_{n13} &= t_{n16} - \tau_{15-16} - \tau_{14-15} - \tau_{13-14} = 58 - 3 - 2 - 2 = 51; \\ t_{n11} &= t_{n13} - \tau_{12-13} - \tau_{11-12} = 51 - 5 - 2 = 44; \end{aligned}$$

Из 31-го события выходят два пути и для него

$$\begin{aligned} t_{n31} &= t_{n11} - \tau_{31-11} = 44 - 0 = 44; \\ t'_{n31} &= t_{n15} - \tau_{32-15} - \tau_{31-32} = 55 - 0 - 3 = 52, \end{aligned}$$

соответственно $t_{n31} = t'_{n31} = 44$ и т.д.

При этом, как это видно из графика на рис. 2.1, на критическом пути, раннее и позднее время наступления каждого события совпадают, а на других путях возможен резерв времени $t_{pi} < t_{ni}$.

Расчет сетевого графика заключается в определении раннего и позднего времени начала и окончания всех работ, в том числе лежащих на критическом пути, и запасов времени.

После проведения таких расчетов определяются точные календарные даты выполнения всех работ капитального ремонта.

Для этого сетевой график строят под таблицей, проходящей через всю длину графика, в строках которой последовательно указываются:

- месяц и календарные дни проведения ремонта;
- дни ремонта – натуральными числами от единицы до последнего дня проведения ремонта, включая выходные и праздничные дни;
- рабочие дни – дни проведения ремонтных работ за исключением выходных и праздничных (т.е. число рабочих дней меньше, чем дней ремонта на количество выходных и праздничных, выпадающих на время проведения ремонта);
- количество задействованного персонала в каждый рабочий день.

Дни, в которые работы не производятся, допускается на графике не указывать, тогда из таблицы выпадают календарные дни, приходящиеся на выходные и праздничные.

События сетевого графика размещаются строго под найденным расчетным путем рабочим днем. При этом можно легко определить, какие работы предусмотрены в любой из календарных дней.

Количество персонала, задействованного в каждый рабочий день, находится суммированием числа работников, принимающих участие в выполнении работ в текущий день по всем путям сетевого графика. Это количество не должно превышать располагаемое (общее) число работников, которое является заданным в условиях курсовой работы.

1.7. Оптимизация сетевого графика

Наиболее ответственным этапом разработки сетевого графика является его корректирование по времени и рабочей силе, называемое **оптимизацией**. Под оптимизацией графика подразумевают последовательное, иногда неоднократное его улучшение с целью достижения заданного срока или равномерного распределения и наиболее эффективного использования ресурсов (трудовых, материальных,

финансовых), а иногда и сокращения заданного срока на основании рационального использования имеющихся ресурсов и более совершенной организации ремонтных работ.

Чаще всего оптимизацию сетевых графиков производят по критериям «время» и «людские ресурсы» [2].

Оптимизацию сетевого графика по критерию «*время*» выполняют, если рассчитанный критический путь первоначального варианта сетевого графика превышает заданный срок выполнения ремонтных работ. Тогда работы, лежащие на критическом пути, заново планируют, уплотняют. Уплотнение обычно производят несколько раз методом последовательных приближений.

Сокращение продолжительности выполнения работ, лежащих на критическом пути, достигается несколькими способами:

- переброской рабочей силы с других работ, имеющих резервы времени;
- улучшением технологии и повышением степени механизации ремонтных работ;
- расчленением работ и их совмещением во времени;
- увеличением количества рабочих и организацией двух- и трехсменной работы.

Уменьшают не только продолжительность критических работ, но и работ на других путях, так как при использовании их резервов они могут стать критическими. В результате сокращения продолжительности выполнения работ на одних путях и увеличения на других получается новый сетевой график, на котором все пути могут быть критическими.

Цель оптимизации сетевого графика по критерию «*людские ресурсы*» – уменьшить насколько возможно количество занятых на ремонте людей, выровнять потребность в них на весь период ремонта, обеспечить полную занятость и отсутствие простоев.

Такая оптимизация сетевого графика достигается за счет:

- перепланировки работ, т. е. изменения порядка их выполнения, способствующей устранению простоев;
- перераспределения состава бригад и организации поточности работ;
- введения организационных связей, обозначающих порядок и последовательность перехода бригад с одной работы на другую и пр.

1.8. Расчет и сведение баланса трудозатрат

После построения, оптимизации и расчета сетевого графика определяются **трудозатраты** по проведению ремонтных работ по каждому узлу и агрегату в целом.

Трудозатраты рассчитываются в человеко-днях и находятся как сумма произведений длительности каждой из работ на количество выполняющего эти работы персонала.

Например, в условиях сетевой модели (см. рис. 2.1) трудозатраты составляют:

- для ремонта барабана

$$P_{\text{бар}} = 2 \cdot 3 + 3 \cdot 3 + 6 \cdot 3 + 10 \cdot 3 + 8 \cdot 3 + 5 \cdot 6 + 7 \cdot 6 = \\ = 159 \text{ человеко-дня};$$

- для ремонта горелочных устройств

$$P_{\text{гор}} = 3 \cdot 4 + 18 \cdot 4 + 4 \cdot 4 = 100 \text{ человеко-дней};$$

- для критического пути – ремонта экранов топки, включая работы по опрессовке, кислотной промывке и заключительные работы

$$P_{\text{экp}} = (2 \cdot 10 + 2 \cdot 12) + (3 \cdot 8 + 3 \cdot 8 + 3 \cdot 6 + 15 \cdot 6 + 8 \cdot 6) + \\ + (10 \cdot 3 + 3 \cdot 6 + 5 \cdot 4) + (2 \cdot 8 + 5 \cdot 8 + 2 \cdot 12 + 2 \cdot 12 + 3 \cdot 12 + 2 \cdot 12) \\ = \\ = 44 + 204 + 68 + 164 = 480 \text{ человеко-дней}.$$

Результаты расчета суммарных трудозатрат приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Трудозатраты на проведение ремонтных работ

Ремонтный узел	Трудозатраты, человеко-дни
1	2

– барабан	159
– экраны топки	480
– пароперегреватель	184

Окончание табл. 1.1

1	2
– горелочные устройства	100
– водяной экономайзер	112
– арматура	78
– трубопроводы	243
– воздухоподогреватель	120
– газозвоздуховоды	160
– тягодутьевые механизмы	172
– гарнитура, лестницы, площадки	92
– обслуживание ремонта	108
Всего	2010

Как видно, критический путь характеризуется наибольшими трудозатратами.

Рациональность составления сетевого графика можно оценить по соотношению необходимого для проведения работ количества человеко-дней к располагаемому.

В условиях рассматриваемого примера из 82 дней ремонта с учетом выходных и праздничных дней, количество рабочих дней составляет 60. Максимально возможное количество персонала, которое можно задействовать в каждый день – 40 человек, поэтому в рассмотренном примере располагаемое количество человеко-дней составляет $60 \cdot 40 = 2400$. Планируемое количество человеко-дней составляет 2010, что меньше располагаемого приблизительно на 19,5 %.

2. РАЗРАБОТКА СЕТЕВОГО ГРАФИКА КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ПАРОГЕНЕРАТОРА

2.1. Технологический процесс капитального ремонта парогенератора

Неполадки и повреждения, наиболее часто возникающие в процессе работы парогенератора, а также технология и рабочие приемы производства ремонтных работ подробно изложены в [2–7].

При капитальном ремонте парогенератора производится [4]:

- полная ревизия всех узлов в соответствии с установленной периодичностью независимо от их технического состояния;
- ремонт или замена деталей, износ или ресурс которых не обеспечивает надежной работы в последующий межремонтный период;
- испытание и наладка работы сборочных узлов оборудования.

Планируемый объем работ зависит от технического состояния оборудования, однако при любом капитальном ремонте в обязательном порядке выполняется минимум работ, который называется номенклатурой или перечнем типовых работ.

Типовые ремонтные работы – обязательные работы по ревизии сборочных узлов и ремонтные работы, регламентированные по периодичности и объему для определенного типа оборудования в конкретных условиях эксплуатации.

Типовой объем капитального ремонта котла, как правило, включает полный перечень подготовительных и заключительных работ, а также объем работ по замене или ремонту отдельных деталей, сборочных единиц и составных частей оборудования [3].

Подготовительные работы

Эти работы включают:

- проверочные программные испытания, измерения с целью определения показателей технического состояния котла и вспомогательного оборудования до его останова на капитальный ремонт;
- гидравлические и другие виды испытаний элементов котла и вспомогательного оборудования после их останова на ремонт;
- очистку, расшлаковку элементов котла и вспомогательного оборудования;

- установку лесов, подмостей, люлек, ограждений, настройку такелажных схем и т. д.;
- разборку сборочных единиц и составных частей оборудования, осмотр, проверку, контроль и измерения с целью определения параметров их технического состояния.

Ремонтные работы

На *поверхностях нагрева* котла производятся:

- правка (рихтовка) труб (до 2,5 % общего числа) поверхности нагрева с заменой деталей дистанционирования;
- замена дефектных участков труб (до 1 % общего числа);
- замена дефектных участков труб топорной камеры для котлов с давлением до 100 ата включительно – до 10 % общего числа труб, от 100 ата до 200 ата включительно – до 5 % , свыше 200 ата – до 2,5 %;
- замена дефектных участков труб переходной зоны прямоточных котлов (до 2 % общего числа труб);
- восстановление креплений труб (до 5 % общего числа);
- восстановление ошиповки (до 5 % общего числа) пода или холодной воронки;
- восстановление обгоревших шипов на экранных трубах котлов производительностью до 230 т/ч включительно – 10 % общего числа шипов, от 230 т/ч до 500 т/ч включительно – 6 %, свыше 500 т/ч – 4 %.

На *пароперегревателях* производятся:

- рихтовка змеевиков, проверка стыков, замена дефектных труб (до 2,5 % общего числа) и деталей дистанционирования;
- восстановление отглушенных змеевиков;
- ремонт и замена устройств для защиты труб от дробевого и золowego износа;
- замена дефектных участков труб и змеевиков (до 2,5 % общего числа).

На *паропроводах* котла производятся:

- вырезка контрольных участков труб, работающих при температуре 475 °С и выше, установка вставок;
- замена шпилек, отработавших ресурс;
- переварка дефектных стыков (до 10 стыков);
- проверка натяжения пружин, осмотр и ремонт подвесок и опор.

На *арматуре* котла и трубопроводов производятся:

- замена шпилек, отработавших ресурс;
- осмотр и ремонт арматуры (50 % всех типов) с заменой изношенных деталей;
- осмотр, чистка и ремонт дистанционных приводов (до 70 % установленного числа).

На *топочных устройствах* производятся:

- проверка и ремонт газоздухопроводов и пылепроводов в пределах горелок с заменой до 10 % брони пылепроводов;
- замена до 20 % общей длины паромазутопроводов.

На *обмуровке и тепловой изоляции* производятся:

- разборка с последующим восстановлением обмуровки (до 5 % общей массы) для выполнения трубных работ;
- ремонт уплотнений топки и газоходов;
- разделка зазоров между обмуровкой и элементами поверхностей нагрева;
- проверка температурных швов.

На *регенеративных воздухоподогревателях* производятся:

- ремонт или замена (до 50 %) элементов уплотнений;
- восстановление плотности и замена участков воздухоподогревателей, коробов и компенсаторов;
- замена до 25 % набивки ротора.

На *пылесистемах с шаровыми барабанными мельницами* производится:

- замена венца и шестерен привода;
- замена 50 % брони мельницы и патрубков;
- замена 20 % пылепроводов.

На *молотковых мельницах* производится полная замена бил, билдержателей и брони.

Заключительные работы

Эти работы включают:

- гидравлическое испытание котла с устранением выявленных при этом дефектов;
- снятие лесов, подмостей и люлек, уборку такелажа и ремонтной оснастки;
- испытание на плотность топок, газоходов и пылесистем;

- щелочение поверхностей нагрева;
- настройку предохранительных клапанов;
- уборку рабочих мест и ремонтных площадок от мусора и отходов.

Нередко в процессе капитального ремонта производятся **сверхноменклатурные работы**, связанные с необходимостью устранения последствий аварий или преждевременного эксплуатационного износа и повреждения оборудования, что в свою очередь приводит к дополнительным трудозатратам на ремонт.

Кроме того, различные сверхтиповые и специальные **работы по модернизации или реконструкции** оборудования парогенератора приурочиваются, как правило, также ко времени проведения капитального ремонта. Целесообразность проведения этих работ определяется в каждом конкретном случае обоснованным технико-экономическим расчетом.

Отметим, что началом капитального ремонта парогенератора и исходным событием сетевого графика является момент полного снятия нагрузки с агрегата. Если же парогенератор выводится в ремонт из резерва, то началом ремонта считается время с момента получения диспетчерского разрешения на его ремонт.

2.2. Построение сетевого графика в условиях выполнения курсовой работы

В условиях выполнения курсовой работы построение сетевого графика капитального ремонта парогенератора можно осуществить в следующем порядке.

1. Вначале необходимо ознакомиться с техническим описанием и конструктивными особенностями рассматриваемого парогенератора, то есть определить:

- тип парогенератора: барабанный (с естественной или принудительной циркуляцией) или прямоточный;
- наличие промперегрева;
- вид используемого топлива;
- основные расчетные параметры работы парогенератора;
- компоновку и габаритные размеры;
- конструктивные особенности поверхностей нагрева парогенератора (в том числе наличие газоплотного исполнения топочных экранов, тип применяемых пароперегревателей и пр.);

- тип используемого воздухоподогревателя (трубчатый рекуперативный или вращающийся регенеративный);
- тип и количество применяемых горелочных устройств;
- тип и количество применяемых вспомогательных тягодутьевых механизмов, в том числе дымососов рециркуляции;
- способы регулирования температуры перегретого пара;
- способы очистки поверхностей нагрева;
- особенности каркаса и обмуровки парогенератора и пр.

Описание конструкций парогенераторов, производимых в России, можно найти, например, в [4, 8].

2. Затем в соответствии с типом парогенератора и его конструктивными особенностями выделяются основные ремонтные узлы (см. подраздел 1.5 пособия), и по каждому узлу определяются *типовые работы*, которые необходимо произвести, с указанием затрат труда и времени.

Примерный перечень типовых работ, производимых при капитальном ремонте барабанного парогенератора, приведен в табл. 2.1.

3. Далее по всем выделенным узлам составляются узловые сетевые графики, которые «сшиваются» в единый агрегатный сетевой график. Для наглядности на рис. 2.1 приведен укрупненный сетевой график, построенный на основе данных табл. 2.1.

В условиях курсовой работы разработку сетевого графика следует делать более детально, включая в него возможно большее количество событий и подробно описывая производимые работы так, чтобы график отражал основные конструктивные особенности парогенератора.

Трудозатраты можно обозначать на сетевом графике либо с указанием сменности производимых работ (то есть как на рис. 1.1), либо упрощенно – с указанием только количества необходимых рабочих дней и занятого персонала (как на рис. 2.1).

4. К намеченным работам типовой номенклатуры в соответствии с индивидуальным заданием в необходимых точках сетевого графика добавляются требуемые *сверхтиповые работы*, а также *работы по реконструкции и модернизации* (при их наличии). Технология производства этих работ должна быть описана в пояснительной записке.

Окончательный вид сетевого графика определяется в результате его оптимизации.

Для примера в приложении приведены сетевые графики капитального ремонта барабанного и прямоточного парогенераторов со сверхтиповыми работами.

Месяц	май															июнь											
Календарные дни	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	31	1	2	5	6	7	8	9	12	13	14	15	16	19	20
Дни ремонта	1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	31	32	33	36	37
Рабочие дни	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Кол-во персонала	10	10	15	15	26	26	36	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40

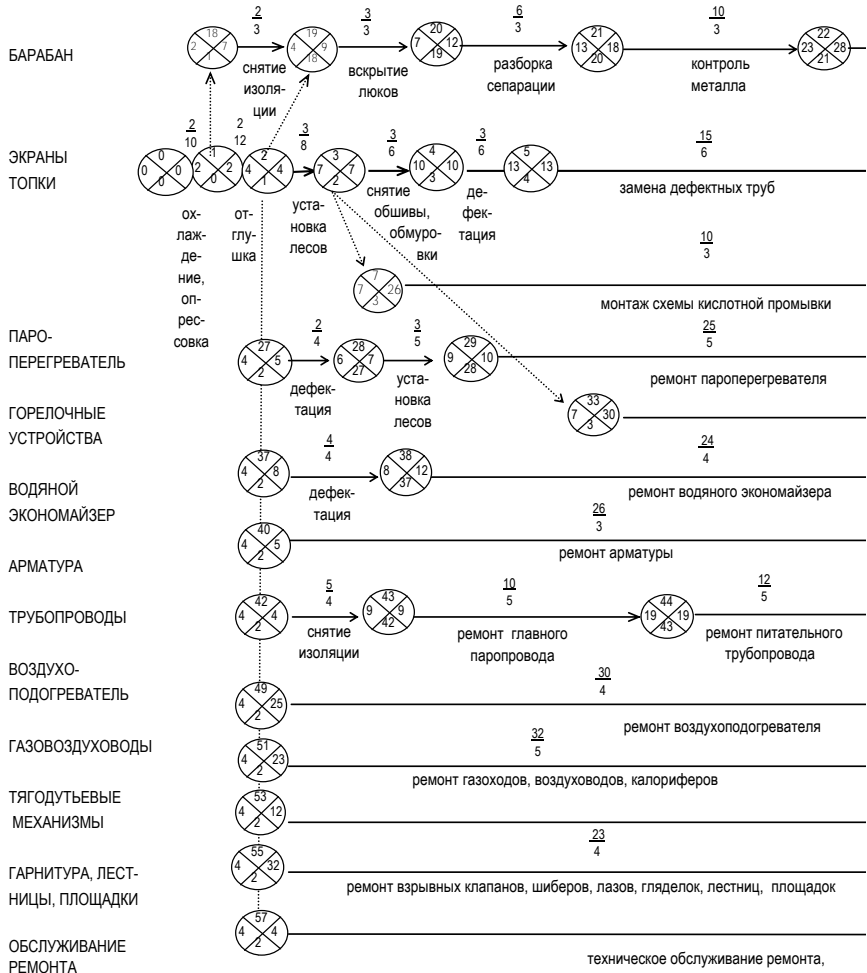
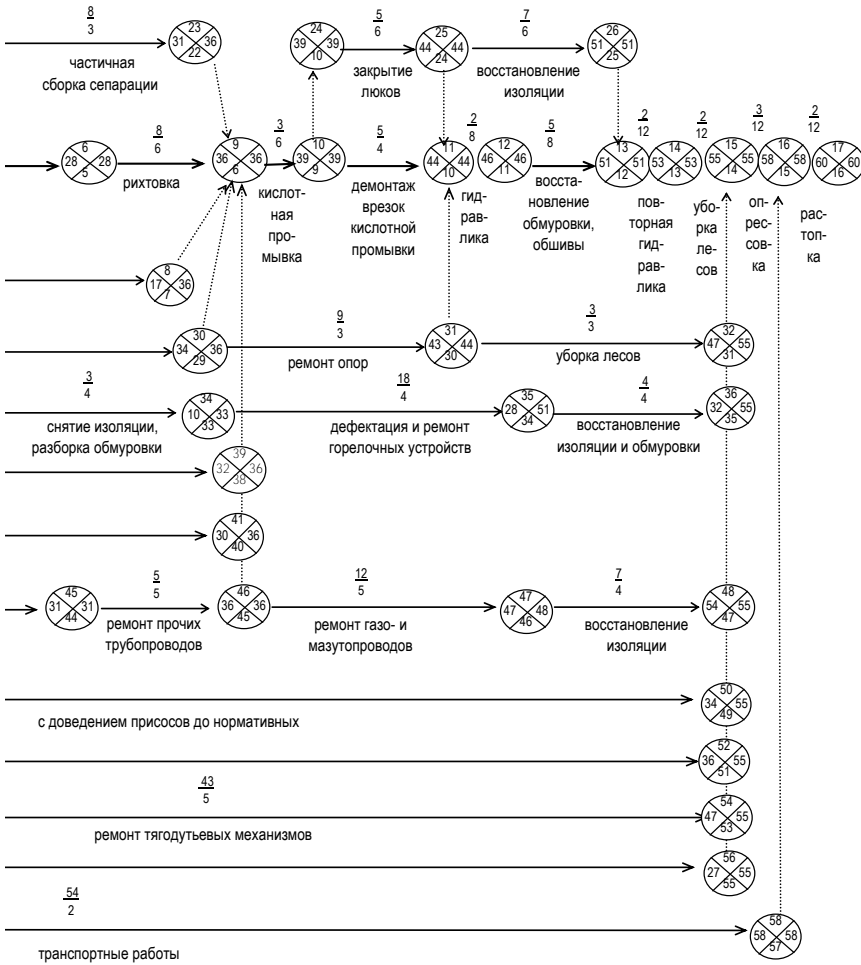


Рис. 2.1. Сетевой график капитального ремонта

																														июль										август					
21	22	23	26	27	28	29	30	3	4	5	6	7	10	11	12	15	16	19	20	21	22	23	26	27	28	29	30	2	3	4	5	6													
38	39	40	43	44	45	46	47	50	51	52	53	54	57	58	59	60	61	64	65	66	67	68	71	72	73	74	75	78	79	80	81	82													
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60													
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	36	36	34	34	34	26	26	14	14	14	12	12												



парогенератора в типовом объеме работ

Таблица 2.1

Технологический процесс капитального ремонта
барabanного парогенератора в типовом объеме работ

Шифр работы	Наименование работ	Трудо-емкость, смены	Состав бригады, чел.
1	2	3	4
0-1	Охлаждение. Гидравлическая и газовоздушная опрессовка. Выдача общего наряда	2	10
1-2	Отглушка. Консервация. Очистка топки, конвективной шахты	2	12
	Экраны топки		
2-3	Установка инвентарных лесов в топке	3	8
3-4	Снятие обшивы и разборка обмуровки для ремонта экранов и замены дефектных труб	3	6
4-5	Дефектация экранных труб и креплений. Вырезка контрольных образцов	3	6
5-6	Замена дефектных труб	15	6
6-9	Рихтовка топки. Восстановление креплений. Ремонт поясов жесткости	8	6
7-8	Монтаж схемы кислотной промывки	10	3
9-10	Кислотная промывка	3	6
10-11	Демонтаж врезок кислотной промывки	5	4
11-12	Гидравлика. Устранение дефектов	2	8
12-13	Восстановление обшивы, обмуровки, устранение неплотностей	5	8
13-14	Повторная гидравлика. Сдача котла инспектору	2	12
14-15	Уборка лесов. Уборка котла	2	12
15-16	Опрессовка газовоздушного тракта. Устранение неплотностей	3	12
16-17	Подготовка котла к растопке. Растопка. Сдача котла под нагрузкой	2	12
	Барaban		
18-19	Снятие изоляции барабана	2	3
19-20	Вскрытие люков. Вентиляция. Очистка	3	3

Продолжение табл. 2.1

1	2	3	4
20-21	Разборка сепарации	6	3
21-22	Контроль металла барабана согласно ведомости	10	3
22-23	Частичная сборка сепарации. Установка заглушек для проведения кислотной промывки. Закрытие люков барабана	8	3
24-25	Открытие люков. Сборка сепарации барабана. Закрытие люков	5	6
25-26	Восстановление изоляции барабана, нижних коллекторов экранов, пароперепускных и водоопускных труб	7	6
	Пароперегреватель		
27-28	Осмотр пароперегревателя. Дефектация	2	4
28-29	Установка лесов и настройка такелажной схемы для замены отглушенных змеевиков	3	5
29-30	Ремонт пароперегревателя. Вырезка контрольных образцов. Замена отглушенных змеевиков. Рихтовка	25	5
30-31	Проверка натяжения пружин подвесок, ремонт опор	9	3
31-32	Разборка такелажа. Уборка лесов	3	3
	Горелочные устройства		
33-34	Снятие изоляции, разборка обмуровки для ремонта горелочных устройств	3	4
34-35	Дефектация и ремонт горелочных устройств. Ремонт обечаек, лопаточного аппарата, шиберов перед горелками	18	4
35-36	Восстановление изоляции и ремонт обмуровки	4	4
	Водяной экономайзер		
37-38	Осмотр, дефектация. Вырезка образцов	4	4
38-39	Ремонт водяного экономайзера	24	4
	Рихтовка змеевиков, замена дефектных деталей дистанционирования	16	4
	Восстановление отглушенных змеевиков; замена штуцеров на коллекторах	8	4

Продолжение табл. 2.1

1	2	3	4
	Арматура		
40-41	Вскрытие арматуры, дефектация. <i>Ремонт арматуры</i>	26	3
	Трубопроводы		4
42-43	<i>Снятие изоляции</i> главного паропровода, питательного трубопровода, пароперепускных труб	5	4
43-44	<i>Ремонт главного паропровода.</i> Ремонт опор и подвесок	10	5
44-45	<i>Ремонт питательного трубопровода.</i> Наладка опорно-подвесной системы	12	5
45-46	<i>Ремонт прочих трубопроводов</i>	5	5
46-47	<i>Ремонт газо- и мазутопроводов</i> и линии подвода пара к горелкам. Гидравлические испытания	12	5
47-48	<i>Восстановление изоляции</i> главного паропровода, питательного трубопровода, пароперепускных труб	7	4
	Воздухоподогреватель		
49-50	<i>Ремонт воздухоподогревателя с доведением присосов до нормативных</i>	30	4
	Газовоздуховоды		
51-52	<i>Ремонт газоходов, воздуховодов, калориферов</i>	32	5
	Снятие изоляции с газовоздуховодов в необходимых местах	3	5
	Ремонт компенсаторов, шиберов, клапанов, участков газовоздуховодов	10	5
	Ремонт перекидных шиберов в заборном воздуховоде дутьевого вентилятора	5	4
	Ремонт арматуры, опрессовка, устранение дефектов	11	5
	Восстановление изоляции	3	5
	Тягодутьевые механизмы		
53-54	<i>Ремонт тягодутьевых механизмов (ТДМ):</i>	43	4
	Отключение электродвигателей ТДМ, снятие изоляции дымососов	3	5

Окончание табл. 2.1

1	2	3	4
	Ремонт ТДМ с заменой или ремонтом деталей ходовой части	22	5
	Ремонт направляющих аппаратов и их приводов	10	5
	Устранение неплотностей и присосов	5	5
	Восстановление изоляции дымососов, подключение электродвигателей ТДМ	3	5
	Гарнитура, лестницы, площадки		
55-56	<i>Ремонт взрывных клапанов, шиберов, лазов, гляделок, лестниц, площадок</i>	23	4
	Обслуживание ремонта		
57-58	<i>Техническое обслуживание ремонта, транспортные работы</i>	54	2

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические указания по разработке и применению системы сетевого планирования и управления при ремонте оборудования электростанций. – УУЗ Минэнерго СССР, 1977.
2. Цешковский, А.А. Специализированный ремонт котельных агрегатов / А.А. Цешковский. – М.: Высшая школа, 1975.
3. Справочник по ремонту котлов и вспомогательного котельного оборудования / под общ. ред. В.Н. Шастина. – М.: Энергоиздат, 1981.
4. Жилин, В.Н. Ремонт парогенераторов / В.Н. Жилин, В.М. Семенов. – М.: Энергия, 1976.
5. Цешковский, А.А. Ремонт оборудования котельных цехов электростанций / А.А. Цешковский. – М.: Высшая школа, 1973.
6. Галкин, В.И. Эксплуатация и ремонт котельных установок: учебник для техникумов / В.И. Галкин, В.Е. Куликов. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
7. Лачинов, Н.В. Монтаж и ремонт оборудования котельных цехов крупных электростанций / Н.В. Лачинов. – М.: Высшая школа, 1970.
8. Жихар, Г.И. Тепловые электрические станции: укрупненный расчет котла, выбор тягодутьевых машин, охрана окружающей среды: учебное пособие / Г.И. Жихар, Н.Б. Карницкий, И.И. Стриха; под ред. Н.Б. Карницкого. – Минск: УП «Технопринт», 2004.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Сетевой график капитального ремонта барабанного парогенератора

Рассмотрим сетевой график капитального ремонта барабанного котлоагрегата типа ТП-87, в течение которого производятся следующие сверхтиповые работы: замена фронтального экрана, замена верхней части 1-й ступени водяного экономайзера, замена 12 съемных кубов рекуперативного воздухоподогревателя, восстановительная термообработка (ВТО) гибов главного паропровода.

Котельный агрегат ТП-87 (Е-420-140Ж) изготовлен Таганрогским котельным заводом и рассчитан для сжигания угля марки АШ или природного газа, мазута (рис. П1.1).

Расчетные параметры:

- номинальная производительность 420 т/ч;
- рабочее давление в барабане котла 155 ата;
- рабочее давление за главными паровыми задвижками 140 ата;
- температура перегретого пара 560 °С;
- температура питательной воды 230 °С.

Котельный агрегат П-образной компоновки. Топочная камера является восходящим газоходом. В горизонтальном газоходе расположены пароперегреватель, в опускном – водяной экономайзер и воздухоподогреватель.

Топочная камера имеет призматическую форму (ширина 14,08 м, глубина 75,22 м, объем топочного пространства 2313 м³).

Топочная камера экранирована трубами диаметром 60 мм, с толщиной стенки 6 мм и шагом 64 мм, материал – сталь 20. Для регулирования температуры перегретого пара в топку вводят дымовые газы рециркуляции.

Топочная камера снабжена шестью газомазутными горелками вихревого типа. Горелки установлены встречно по 3 штуки, на фронтальной и задней стенках топки на отметке 9,3 м.

Котлоагрегат имеет один барабан диаметром 1,8 м и толщиной стенки 95 мм. Внутри барабана сепарационное устройство состоит из циклонов на вводах пароводяной смеси.

Котлоагрегат имеет двухступенчатую схему испарения. Во вторую ступень (соленый отсек) включены передние и средние панели боковых экранов. В первую ступень включены фронтальной и задней экраны, задние панели боковых экранов.

Водяной экономайзер предназначен для подогрева питательной воды от 230 °С до 276 °С и выполнен из змеевиковых труб диаметром 32 мм, с толщиной стенки 4 мм и камер диаметром 237 мм с толщиной стенки 32 мм с горизонтальным расположением змеевиков. Трубы расположены в шахматном порядке.

Двухпоточный рекуперативный воздухоподогреватель выполнен в рассечку с водяным экономайзером, за счет чего достигается подогрев воздуха до 400 °С. Воздухоподогреватель состоит из 48 кубов, 12 из которых сверху и 36 внизу. Верхние кубы изготовлены из труб диаметром 51 мм с толщиной стенки 1,5 мм, а нижние диаметром 10 мм с толщиной стенки 1,6 мм. Высота верхних кубов и верхней секции нижней ступени воздухоподогревателя 9,18 м, нижней – 18,19 м. Верхняя ступень одноходовая, нижняя включена по схеме 4-ходового перекрестного потока.

Предварительный подогрев воздуха осуществляется в паровых калориферах.

На котле установлены 2 дымососа двухстороннего всасывания (производительность 330 тыс. м³/ч, полный напор 295 мм вод. ст.), 2 дутьевых вентилятора одностороннего всаса (226 тыс. м³/ч, 395 мм вод. ст.), 2 дымососа рециркуляции одностороннего всаса (110 тыс. м³/ч, 293 мм вод. ст.).

На рис. П1.2 представлен укрупненный сетевой график капитального ремонта парогенератора, включающий перечисленные выше сверхтиповые работы. В табл. П1.1 дано более подробное описание технологического процесса капитального ремонта.

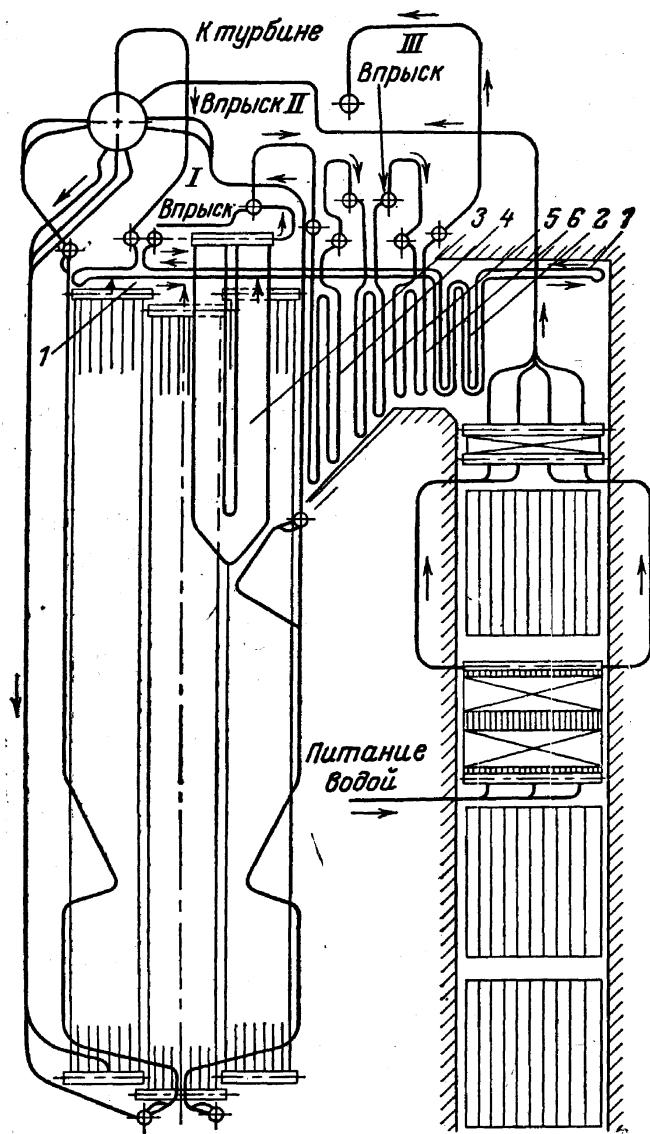


Рис. П1.1. Схема пароводяного тракта парогенератора ТП-87:
 7 – потолочный экран; 2 – конвективная часть пароперегревателя;
 3 – ширмы; 4, 5, 6 – первый, второй и третий пакеты вертикальных змеевиков
 пароперегревателя, расположенного за ширмами

Месяц	май															июнь												
Календарные дни	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	31	1	2	5	6	7	8	9	12	13	14	15	16	19	20	
Дни ремонта	1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	31	32	33	36	37	
Рабочие дни	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Кол-во персонала	12	12	18	18	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60

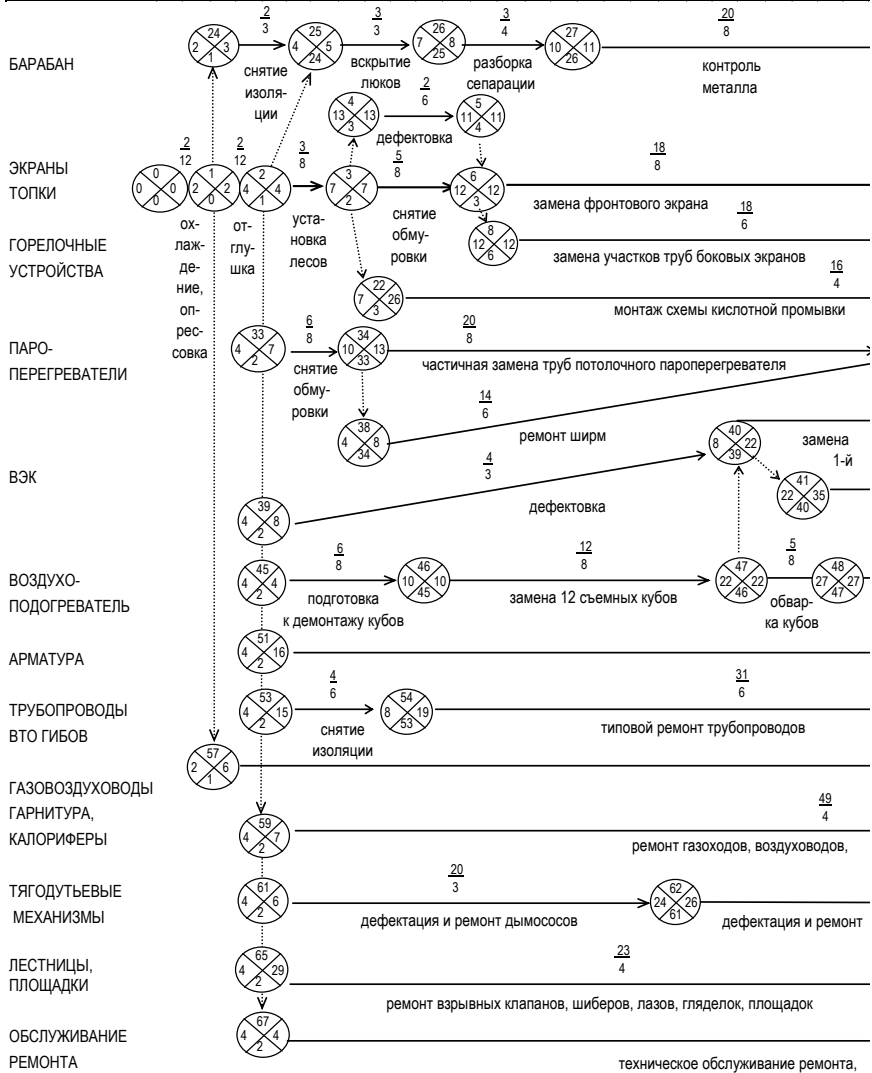


Рис. П.1.2. Сетевой график капитального

Таблица П1.1

Технологический процесс капитального ремонта парогенератора ТП-87 с заменой фронтального экрана, 12 съемных кубов воздухоподогревателя и ВТО гибов главного паропровода

Шифр работы	Наименование работ	Трудоемкость, смены	Состав бригады, чел.
1	2	3	4
0-1	Охлаждение котла. Опрессовка . Выдача общего наряда	2	12
1-2	Отглушка . Консервация. Очистка топки, конвективной шахты	2	12
	Экраны топки		
2-3	Установка инвентарных лесов в топке	3	8
3-6	Снятие обмуровки фронтальной и боковых стен топки для замены	5	8
4-5	Дефектовка экранов и креплений. Вырезка контрольных образцов	2	6
6-7	Замена фронтального экрана	18	8
8-9	Замена участков труб боковых экранов	18	6
7-10	Рихтовка топки . Замена дефектных участков труб с восстановлением креплений	12	6
11-12	Восстановление обмуровки, обшивы фронтального и боковых экранов	20	6
22-23	Монтаж схемы кислотной промывки . Врезка линии кислотной промывки	16	4
10-15	Гидравлика котла. Устранение дефектов	3	4
15-16	Кислотная промывка	3	4
16-17	Демонтаж врезок кислотной промывки	2	4
17-18	Повторная гидравлика . Сдача инспектору	2	6
18-19	Уборка лесов и подмостей	2	6
19-20	Опрессовка газозвоздушного тракта. Устранение неплотностей. Уборка котла. Сдача инспектору	2	12
20-21	Подготовка котла к растопке. Растопка . Сдача котла под нагрузкой	2	12

Продолжение табл. П1.1

1	2	3	4
	Горелочные устройства		
13-14	Обследование горелок. <i>Дефектация. Ремонт</i> лопаточного аппарата центрального и периферийного каналов подвода воздуха	10	3
	Барабан		
24-25	<i>Снятие изоляции</i> барабана	2	3
25-26	<i>Вскрытие люков.</i> Вентиляция. Очистка. Монтаж душирующей установки	3	3
26-27	<i>Разборка сепарации</i>	3	4
27-28	Зачистка и <i>контроль металла</i> барабана согласно ведомости	20	8
28-29	<i>Частичная сборка сепарации.</i> Установка заглушек для проведения кислотной промывки. Закрытие люков барабана	11	4
30-31	Вскрытие люков. Вентиляция. Снятие заглушек. Сборка сепарации. <i>Закрытие люков</i>	4	6
31-32	<i>Восстановление изоляции</i> барабана	4	3
	Пароперегреватель		
33-34	<i>Снятие обмуровки,</i> демонтаж металлоконструкций, креплений потолочного перекрытия	6	8
34-35	<i>Частичная замена труб потолочного пароперегревателя</i>	20	8
	Частичная замена труб потолочного пароперегревателя	14	8
	Ремонт металлоконструкций потолочного перекрытия	6	8
35-36	Типовой <i>ремонт змеевиков КПП</i> (конвективного пароперегревателя). Восстановление подвесок и креплений	9	8
38-35	<i>Ремонт ширм</i>	14	6
36-37	<i>Восстановление обмуровки</i> потолочного перекрытия	8	8
	ВЭК (водяной экономайзер)		
38-39	<i>Дефектовка</i> нижней части 1-й ступени ВЭК. Вырезка и установка	4	3

	контрольных образцов		
--	----------------------	--	--

Продолжение табл. П1.1

1	2	3	4
41-42	Типовой ремонт нижней части 1-й ступени водяного экономайзера. Ремонт элементов креплений	7	3
40-43	Замена верхней части 1-й ступени	10	8
43-44	Замена змеевиков 2-й ступени со сваркой стыков и восстановлением креплений	10	8
	Воздухоподогреватель		
45-46	Подготовка к демонтажу кубов	6	8
	Подготовка и настройка такелажной схемы	2	8
	Снятие щитов конвективной части. Демонтаж лестниц и площадок, трубопроводов. Отрезка бункеров	4	8
46-47	Замена 12 съёмных кубов	12	8
	Отсоединение и демонтаж 12 съёмных кубов	5	8
	Монтаж 12 съёмных кубов	7	8
47-48	Обварка кубов	5	8
48-49	Типовой ремонт 2-й ступени. Обследование трубных досок	11	4
49-50	Восстановление конвективной шахты	20	4
	Монтаж бункеров дробы	6	4
	Восстановление лестниц и площадок. Разборка такелажной схемы	3	4
	Восстановление воздушных коробов и щитов конвективной шахты	6	4
	Восстановление изоляции участков конвективной шахты	5	4
	Арматура		
51-52	Дефектация и типовой ремонт арматуры	26	3
	Вскрытие арматуры. Дефектовка	6	3
	Ремонт арматуры на котле	20	3
	Трубопроводы		
53-54	Снятие изоляции для ремонта трубопроводов	4	6
54-55	Типовой ремонт трубопроводов	31	6
	Ремонт главного паропровода. Ревизия арматуры. Ремонт опор и подвесок	7	6
	Типовой ремонт питательного трубопровода. Наладка опорно-подвесной системы	5	6

	Типовой ремонт мазутопроводов	6	6
--	-------------------------------	---	---

Продолжение табл. П1.1

1	2	3	4
	Типовой ремонт газопровода. Ремонт арматуры. Монтаж задвижек с электроприводом	7	6
	Ремонт дренажных трубопроводов. Ремонт пробоотборников, опрессовка	6	6
55-56	Восстановление изоляции трубопроводов	6	6
	ВТО гибов		
57-58	ВТО гибов главного паропровода	50	6
	Установка лесов для снятия изоляции главного паропровода	3	8
	Снятие изоляции с гибов главного паропровода	4	8
	Подготовка гибов	8	8
	ВТО гибов главного паропровода	25	4
	Восстановление снятой изоляции	7	8
	Разборка лесов	3	8
	Газоходы, гарнитура, калориферы		
59-60	Ремонт газоходов, воздухопроводов, калориферов, гарнитуры, лестниц и площадок	49	4
	Снятие изоляции с газоходов в необходимых местах	3	4
	Замена дефектных участков газоходов и кожухов, дробеочистки. Ремонт шиберов	14	4
	Ремонт калориферов	10	4
	Ремонт лазов, лючков, гляделок, взрывных клапанов на котле	6	4
	Ремонт лестниц и площадок	8	4
	Восстановление снятой изоляции газоходов	8	4
	Тягодутьевые механизмы		
61-62	Дефектация и ремонт дымососов	20	3
	Отключение электродвигателей дымососов. Снятие изоляции дымососов	2	3
	Разборка дымососов. Дефектовка	4	3
	Типовой ремонт дымососов. Замена подшипников. Ревизия шиберов	10	3

	Сборка дымососов. Центровка, балансировка. Опробование дымососов	4	3
--	--	---	---

Окончание табл. П1.1

1	2	3	4
62-63	Дефектация и ремонт дымососов рециркуляции	18	3
	Разборка дымососов рециркуляции. Дефектовка	3	3
	Типовой ремонт дымососов рециркуляции. Замена подшипников. Ревизия шиберов	7	3
	Сборка дымососов рециркуляции. Центровка, балансировка. Опробование дымососов рециркуляции	4	3
	Восстановление изоляции. Подключение электродвигателей дымососов рециркуляций	4	3
63-64	Дефектация и ремонт вентиляторов	13	3
	Отключение электродвигателей вентиляторов. Разборка вентиляторов. Дефектовка	3	3
	Ремонт вентиляторов. Замена подшипников. Ревизия шиберов. Ремонт улиток	6	3
	Сборка вентиляторов. Центровка, балансировка, опробование вентиляторов. Подключение электродвигателей вентиляторов	4	3
	Гарнитура, лестницы, площадки		
65-66	Ремонт взрывных клапанов, шиберов, лазов, гляделок, площадок	23	4
	Обслуживание ремонта		
67-68	Техническое обслуживание ремонта, транспортные работы	54	2

Сетевой график капитального ремонта прямоточного парогенератора

Рассмотрим сетевой график капитального ремонта прямоточного котлоагрегата типа ТГМП-314, в течение которого производится монтаж дополнительных змеевиков конвективного пароперегревателя высокого давления и модернизация уплотнений регенеративных воздухоподогревателей.

Котельный агрегат ТГМП-314 (Пп-1000-255ГМ) предназначен для работы на высокосернистом мазуте и природном газе в блоке с одновальной турбиной 300 МВт.

Котел прямоточный на сверхкритические параметры пара с промперегревом, однокорпусный, выполнен по П-образной компоновке (рис. П2.1).

Топочная камера призматическая, открытая, является восходящим газоходом. В горизонтальном сечении по оси труб топка имеет размеры $8,72 \times 16,48$ м.

Топочные и поворотные камеры полностью экранированы трубами диаметром 32 и 38 мм с толщиной стенки 6 мм (сталь 12Х1МФ). Экраны по высоте разбиты на три последовательные части: нижнюю, среднюю и верхнюю радиационные части. НРЧ выполнена из четырех последовательных ходов вертикальных панелей, СРЧ и ВРЧ – из параллельно включенных панелей с горизонтально подъемным движением среды.

Между каждой частью экрана среда в пределах потока полностью перемешивается. В нижней части топочной камеры на фронтальной и задних стенах в два яруса размещены 16 турбулентных горелок. В нижнюю часть топочной камеры рециркулируются дымовые газы, отбираемые за водяным экономайзером.

На выходе из топочной камеры расположен ширмовый пароперегреватель, состоящий из двух параллельно включенных по пару и газу ступеней, выполненных из труб диаметром 32 мм с толщиной стенки 6 мм (сталь 12Х1МФ и 12Х18Н12Т).

В поворотном газоходе имеются экраны поворотной камеры и потолочный экран.

В конвективном газоходе (опускной конвективной шахте) последовательно по ходу газов расположены:

– выходной пакет пароперегревателя высокого давления из труб диаметром 32 мм с толщиной стенки 6 мм (сталь 12Х18Н12Т);

- промежуточный пароперегреватель из труб диаметром 42 и 50 мм с толщиной стенки 4 мм (сталь 12Х1МФ);
- водяной экономайзер из труб диаметром 32 мм и толщиной стенки 6 мм (сталь 20).

К конвективному пароперегревателю низкого давления пар подводится по трубам «холодного» промперегрева, а от него отводится по трубам «горячего» промперегрева.

Среда высокого давления от входа до выхода движется двумя перемешивающимися потоками. Перебросы с одной стороны в другую не предусматриваются. Внутри каждого потока среда полностью перемешивается и каждый поток имеет автономное регулирование. Котел снабжен пусковыми встроенными сепараторами.

Температура перегрева пара высокого давления регулируется впрыском питательной воды. Впрыскивающие пароохладители устанавливаются за верхней радиационной частью и перед конвективными пароперегревателями высокого давления.

Тракт промежуточного перегревателя – двухпоточный. Температура пара промперегрева регулируется изменением расхода рециркулирующих газов и впрыском.

Для подогрева воздуха на котле применены два регенеративных вращающихся воздухоподогревателя диаметром 8,8 м, вынесенные за пределы котельной.

Обмуровка – щитовая, крепится к металлическому каркасу котла, не связанному со строительной конструкцией котельной.

Для очистки конвективных поверхностей нагрева от загрязнений предусмотрена дробеструйная установка, а для регенеративных воздухоподогревателей – обдувка и обмывка.

Котел снабжен необходимой арматурой, устройствами для отбора проб пара и воды, а также контрольно-измерительными приборами. Процессы питания котла, регулирования температуры перегретого пара и горения автоматизированы. Предусмотрены средства тепловой защиты.

Техническая характеристика

Производительность, т/ч.....	1000
Расход пара через промперегреватель, т/ч.....	780
Давление пара на выходе, ата:	
пароперегревателя высокого давления.....	255
промперегревателя.....	37,8
Температура, °С:	
пара высокого давления.....	545

пара промперегрева	545
питательной воды	265
уходящих газов	149/126*
КПД (брутто) гарантийный, %	91/92*
Габаритные размеры, м:	
глубина по осям колонн	23,6
ширина по осям колонн	18,6
высота	42,0

* В числителе – при работе на мазуте, в знаменателе – на газе

На рис. П2.2 представлен укрупненный сетевой график капитального ремонта парогенератора, включающий перечисленные выше сверхтиповые работы. В таблице П2.1 дано более подробное описание технологического процесса ремонта.

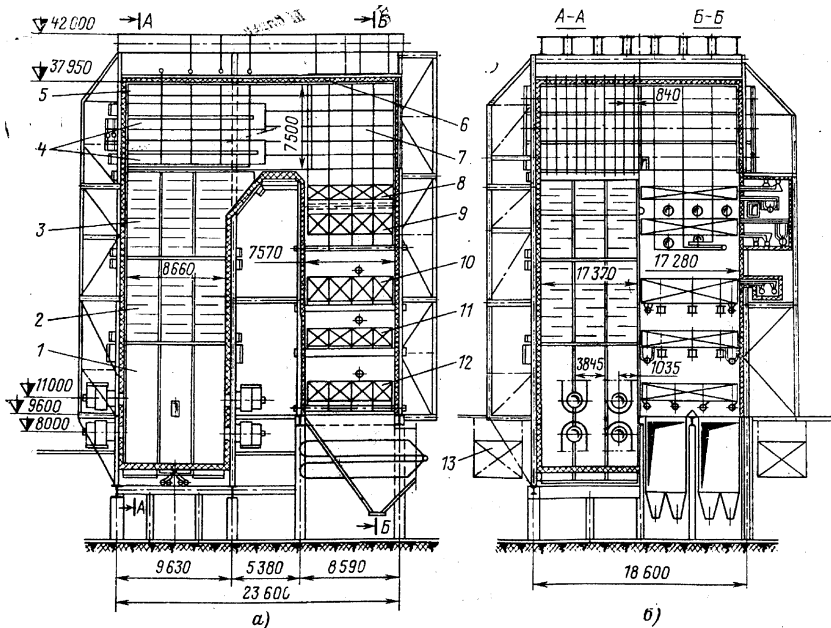


Рис. П2.1. Парогенератор ТГМП-314 (Пп-1000-255 ГМ):
а – продольный разрез; *б* – поперечный разрез; 1 – НРЧ; 2 – СРЧ; 3 – ВРЧ;
 4, 5, 6 – ширмовый, фронтальный и потолочный пароперегреватели; 7 – экран поворотной
 камеры; 8 – конвективная ступень первичного пароперегревателя высокого давления;
 9 и 10 – выходная и входная ступени промежуточного пароперегревателя;
 11 – переходная зона; 12 – водяной экономайзер; 13 – паро-паровой теплообменник

Месяц	март											апрель																			май																		
Календарные дни	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	31	1	2	5	6	7	8	9	12	13	14	15	16	19	20	21	22	23	26	27	28	29	30	3	4	5	6	7	10	11	12	15	16				
Дни ремонта	1	2	3	4	5	8	9	10	11	12	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30	31	32	33	36	37	38	39	40	43	44	45	46	47	50	51	52	53	54	57	58	59	60	61				
Рабочие дни	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45				
Кол-во персонала	25	25	25	45	75	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

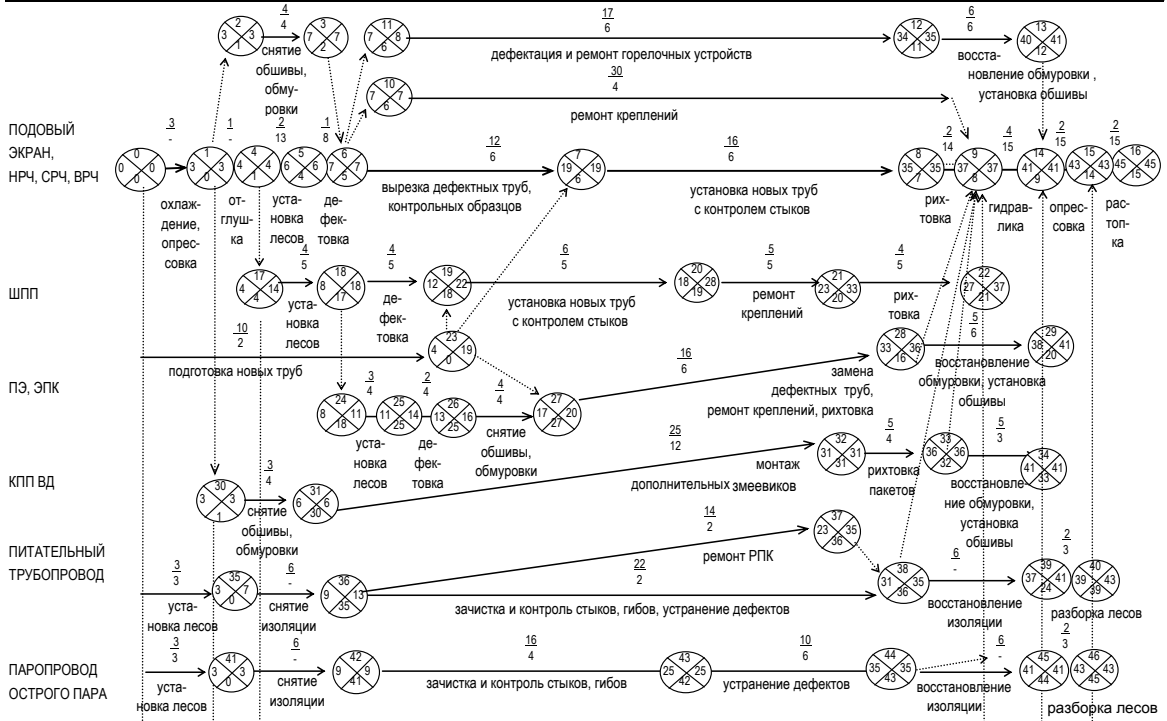


Таблица П2.1

Технологический процесс капитального ремонта
парогенератора ТГМП-314 с модернизацией уплотнений РВП
и монтажом дополнительных змеевиков
конвективного пароперегревателя

Шифр работ	Наименование работ	Трудо-емкость, смены	Состав бригады, чел.
1	2	3	4
0-1	Охлаждение. Опрессовка	3	–
	Охлаждение котла, наружная отмывка	1	КО
	Гидравлика. Газовоздушная опрессовка. Консервация котла	2	–
1-4	Отгушка. Выдача общего наряда	1	–
0-23	Подготовка новых труб (обрезка, снятие фасок)	4	2
	Подовый экран, НРЧ, СРЧ, ВРЧ		
3-7	Снятие обшивы, обмуровки	4	4
	Снятие обшивы	4	4
	Разборка обмуровки	4	ЭТИ
4-5	Установка лесов	2	13
	Установка лесов в топке в районе НРЧ	2	8
	Установка лесов в топке в районе СРЧ, ВРЧ	2	5
5-6	Дефектовка	1	8
	Дефектовка труб НРЧ	1	4
	Дефектовка труб СРЧ, ВРЧ	1	4
6-7	Вырезка дефектных труб, контрольных образцов	12	4–8
	Вырезка дефектных труб НРЧ, контрольных образцов с уборкой от котла	12	4
	Вырезка дефектных труб СРЧ–ВРЧ, контрольных образцов	6	4
7-8	Установка новых труб с контролем стыков	16	4–8
	Установка новых труб НРЧ с электросваркой и зачисткой стыков	16	4
	Установка новых труб СРЧ-ВРЧ с электросваркой и зачисткой стыков	8	4
	Контроль стыков	2	ЛМ
8-9	Рихтовка	2	14
	Рихтовка труб НРЧ. Устранение дефектов	2	8

Продолжение табл. П2.1

1	2	3	4
	Рихтовка труб СРЧ-ВРЧ. Устранение дефектов	2	6
10-9	Ремонт креплений	30	4
	Дефектовка креплений НРЧ, СРЧ, ВРЧ	1	4
	Снятие обшивы в районе дефектных креплений	2	4
	Разборка обмуровки в районе дефектных креплений	2	ЭТИ
	Замена дефектных креплений панелей экранов	18	4
	Восстановление обмуровки	4	ЭТИ
	Установка обшивы в районе креплений	3	4
11-12	Дефектация и ремонт горелочных устройств	17	6
12-13	Восстановление обмуровки и обшивы	6	6
	Восстановление обмуровки топки	6	ЭТИ
	Установка обшивы (в районе НРЧ, подового экрана, СРЧ, ВРЧ). Ремонт примыканий горелок к обшиве котла	6	6
	ШПП		
17-18	Установка лесов в ШПП	4	5
18-19	Дефектовка	4	5
	Дефектовка труб ширм с замерами	2	5
	Демонтаж дефектных труб с уборкой из котла	2	5
19-20	Установка новых труб с контролем стыков	6	5
	Установка новых труб с электросваркой и зачисткой стыков	4	5
	Контроль стыков	2	ЛМ
20-21	Ремонт креплений	5	5
	Ремонт креплений входных и выходных коллекторов ширм	3	5
	Приварка поверхностных термопар	2	5
21-22	Рихтовка змеевиков ширм 100 %	4	5
	ПЭ, ЭПК		
24-25	Установка лесов для ремонта потолочного экрана, ЭПК	3	6
25-26	Дефектовка экранов	2	4
26-27	Снятие обшивы, обмуровки	4	4
	Снятие обшивы для ремонта экранов, креплений	2	4
	Разборка обмуровки потолка, ЭПК	2	ЭТИ

Продолжение табл. П2.1

1	2	3	4
27-28	Замена дефектных труб, ремонт креплений, рихтовка	16	6
	Вырезка и удаление дефектных труб, креплений	5	6
	Установка новых труб. Выполнение разводки труб потолочного экрана для принудительной вентиляции	6	6
	Установка креплений, рихтовка труб	5	6
28-29	Восстановление обмуровки, установка обшивы	5	6
	Восстановление обмуровки потолка, ЭПК	2	ЭТИ
	Установка обшивы потолка, ЭПК	3	6
	КПП ВД		
30-31	Снятие обшивы, обмуровки	3	4
	Снятие обшивы с коллекторов	1	4
	Разборка обмуровки в необходимых местах	2	ЭТИ
31-32	Монтаж дополнительных змеевиков	25	8
	Высверливание отверстий в коллекторах	9	4
	Монтаж дополнительных змеевиков	16	8
	Замена подвесных труб в зонах установки дополнительных змеевиков	25	ЦЦР
32-33	Рихтовка пакетов	5	4
33-34	Восстановление обмуровки, установка обшивы	5	3
	Восстановление обмуровки	3	ЭТИ
	Установка обшивы	2	3
	Питательный трубопровод		
0-35	Установка лесов под питательный трубопровод	3	3
35-36	Снятие изоляции с питательного трубопровода	6	ЭТИ
36-38	Зачистка и контроль стыков, гибов	22	2
	Зачистка стыков, гибов, зон для замера толщины стенки	12	2
	Контроль стыков и гибов питательного трубопровода	10	ЛМ
36-37	Ремонт РПК (регулирующих питательных клапанов)	14	2
	Разрезка трубопроводов за РПК А и Б	1	2
	Осмотр РПК А и Б	2	ЦЦР
	Вырезка РПК А и Б	1	2

Продолжение табл. П2.1

1	2	3	4
	Замена седел РПК	2	ЦЦР
	Электросварка стыков $\varnothing 325 \times 40$ – 4 шт.	4	2
	Термообработка стыков – 4 шт.	2	2
	Зачистка стыков	1	2
	Контроль стыков	1	–
38-39	Восстановление изоляции питательного трубопровода	–	ЭТИ
39-40	Разборка лесов	2	3
	Паропровод острого пара		
0-41	Установка лесов под паропровод острого пара	3	3
41-42	Снятие изоляции с паропровода острого пара	6	ЭТИ
42-43	Зачистка и контроль стыков и гибов	16	4
	Зачистка стыков, гибов, зон врезки дренажей	8	4
	Контроль стыков и гибов паропровода	8	ЛМ
43-44	Устранение дефектов	10	6
44-45	Восстановление изоляции паропровода	6	ЭТИ
45-46	Разборка лесов	2	3
50-51	Ремонт и регулирование подвесок трубопроводов промперегрева и острого пара	11	10
	Трубопроводы ХПП и ГПП, КПП НД		
0-47	Установка лесов	3	3
47-48	Снятие изоляции с трубопроводов ХПП и ГПП, перепускных трубопроводов КПП НД	3	ЭТИ
48-49	Зачистка и контроль стыков и гибов, устранение дефектов	26	8
	Зачистка стыков и гибов трубопроводов ХПП, ГПП	8	6
	Контроль стыков и гибов	8	ЛМ
	Устранение дефектов	8	6
	Дефектовка гибов змеевиков КПП НД	4	ЛМ
	Вырезка дефектных участков змеевиков с зачисткой коллекторов	8	4
	Установка участков змеевиков КПП НД с электросваркой и зачисткой стыков	10	4
	Контроль стыков	1	ЛМ
	Переварка штуцеров аварийных впрысков	3	3
49-52	Восстановление изоляции трубопроводов ХПП и ГПП, перепускных трубопроводов КПП НД	6	ЭТИ
60-61	Разборка лесов	2	3

Продолжение табл. П2.1

1	2	3	4
	ВЭК		
54-55	<i>Дефектация и ремонт водяного экономайзера</i>	16	2
	Перепускные трубопроводы ВЭК-НРЧ-СРЧ-ВРЧ-ПЭ-ЭПК-ШПП-КПП ВД		
0-56	<i>Установка лесов</i>	3	3
56-57	<i>Снятие изоляции</i> с перепускных трубопроводов от ВЭК-НРЧ-СРЧ-ВРЧ до ПЭ, от ПЭ-ЭПК-ШПП до КПП ВД	6	ЭТИ
57-58	<i>Зачистка и контроль гибов</i>	16	6
58-59	<i>Замена дефектных гибов</i>	9	6
	Замена дефектных гибов с электросваркой, термообработкой и зачисткой стыков	8	6
	Контроль стыков	1	ЛМ
59-60	<i>Восстановление изоляции</i> перепускных трубопроводов от ВЭК-НРЧ-СРЧ-ВРЧ до ПЭ, от ПЭ-ЭПК-ШПП до КПП ВД	6	ЭТИ
60-61	<i>Разборка лесов</i>	2	3
	Пароохладители		
62-63	<i>Снятие изоляции</i> с пароохладителей	3	ЭТИ
63-64	<i>Ремонт пароохладителей</i>	21	4
	Снятие и дефектовка впрысков. Зачистка и УЗК корпусов пароохладителей	6	4
	Вырезка для проверки и заварка впрыскивающих устройств. Замена дефектных аварийных впрысков	14	4
	Контроль стыков	1	ЛМ
64-65	<i>Восстановление изоляции</i> изоляции пароохладителей	6	ЭТИ
	Прочие трубопроводы		
66-67	<i>Снятие изоляции</i>	3	–
67-68	<i>Ремонт и замена дренажей, холодильников пробоотборных точек</i>	21	3
68-69	<i>Восстановление изоляции</i>	5	–
	Арматура		
70-71	<i>Ремонт арматуры</i>	21	6
	Вырезка арматуры	3	6
	Ремонт арматуры	10	ЦЦР
	Установка арматуры с электросваркой стыков	3	6

Продолжение табл. П2.1

1	2	3	4
	Термообработка стыков	4	6
	Контроль стыков	1	ЛМ
	РВП А и Б		
72-73	Промывка РВП А и Б	2	ЦЦР
73-74	Устройство лесов	2	5+5
	Устройство лесов под РВП А и Б	2	3+3
	Разборка электрической схемы РВП А и Б	2	ЭЦ
	Вскрытие люков	2	2+2
74-75	Дефектовка РВП А и Б	2	4+4
75-78	Ремонт РВП	30	5+5
	Снятие радиальных полос	1	5+5
	Выемка пакетов	8	5+5
	Демонтаж решеток	1	5+5
	Замена участков радиальных перегородок	2	5+5
	Монтаж решеток	1	5+5
	Установка пакетов	14	5+5
	Проточка фланцев РВП А и Б	1	5+5
	Установка радиальных полос	2	5+5
76-77	Модернизация уплотнений	10	3+3
	Демонтаж верхних периферийных уплотнений заводского типа	4	3+3
	Установка верхних периферийных уплотнений с графитовыми уплотнительными вкладышами	6	3+3
78-79	Опробование	2	4+4
	Регулирование уплотнений РВП А и Б	1	4+4
	Закрытие люков РВП А и Б, опробование РВП А и Б	1	4+4
79-80	Разборка лесов	2	3+3
	Тягодутьевые механизмы		
81-82	Ремонт ТДМ с восстановлением или заменой дефектных деталей	35	6
	Газовоздуховоды		
0-83	Установка лесов под газовоздуховодами	2	8
83-84	Дефектация и ремонт газоходов и воздуховодов, опор и подвесок	33	8
	Снятие изоляции	2	ЭТИ
	Очистка газоходов	3	КО
	Дефектовка газовоздуховодов, опор и подвесок	2	8

Окончание табл. П2.1

1	2	3	4
	Ремонт газоходов и компенсаторов, опор и подвесок газозвоздуховодов	15	8
	Восстановление изоляции	11	ЭТИ
84-85	Разборка лесов под газозвоздуховодами	2	6
	Дробеочистка		
86-87	Ремонт бункеров дробеочистки и течек дробы от бункеров до дроберазбрасывателей	13	3
	Лестницы, площадки		
88-89	Ремонт и восстановление каркасов, лестниц, площадок топочной камеры и РВП	14	2
	Заключительные работы		
9-14	Гидравлика	4	15
	Гидравлика. Устранение дефектов. Повторная гидравлика	2	15
	Разборка лесов в топке, ШПП. Уборка котла	2	15
14-15	Газозвоздушная опрессовка . Уборка котла. Сдача котла комиссии	2	15
15-16	Растопка	2	15
	Подготовка к растопке. Растопка	1	15
	Сдача котла под нагрузкой	1	15
0-90	Техобслуживание ремонта, транспортные работы	43	3

СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений.....	3
Введение.....	4
1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ, РАСЧЕТА И ОПТИМИЗАЦИИ СЕТЕВЫХ ГРАФИКОВ.....	6
1.1. Назначение сетевых графиков.....	6
1.2. Элементы сетевого графика.....	6
1.3. Правила построения сетевых графиков.....	9
1.4. Критический путь и резервы времени.....	11
1.5. Последовательность разработки сетевого графика.....	13
1.6. Расчет сетевого графика.....	14
1.7. Оптимизация сетевого графика.....	17
1.8. Расчет и сведение баланса трудозатрат.....	19
2. РАЗРАБОТКА СЕТЕВОГО ГРАФИКА КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ПАРОГЕНЕРАТОРА.....	21
2.1. Технологический процесс капитального ремонта парогенератора.....	21
2.2. Построение сетевого графика в условиях выполнения курсовой работы.....	24
Литература.....	32
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	33
Приложение 1. Сетевой график капитального ремонта барабанного парогенератора.....	33
Приложение 2. Сетевой график капитального ремонта прямоточного парогенератора.....	43

Учебное издание

КАЧАН Светлана Аркадьевна

РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ
СЕТЕВОГО ГРАФИКА
КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА
ПАРОГЕНЕРАТОРА

Методическое пособие
по выполнению курсовой работы по дисциплине
«Технология монтажа и ремонта оборудования ТЭС»
для студентов специальности
1-43 01 04 «Тепловые электрические станции»

Редактор Т.А. Подолякова
Технический редактор О.В. Дубовик
Компьютерная верстка О.В. Дубовик

Подписано в печать 29.11.2009.

Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 2,2. Уч.-изд. л. 1,7. Тираж 80. Заказ 843.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Белорусский национальный технический университет.
ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.
Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.