

НК-37-1 С КАМЕРОЙ ДОЖИГАНИЯ ПЕРЕД СИЛОВОЙ ТУРБИНОЙ – НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЙ ТИП ГТУ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЭЦ

© 2006 В.А. Никишин, Л.И. Пешков, Л.П. Шелудько

ОАО «СКБМ», ООО «Самара-Авиагаз»

Анализ показывает, что реконструкцию региональных ТЭЦ экономически целесообразно проводить путем их надстройки конвертированными энергетическими ГТУ мощностью 25 – 30 МВт с паровыми котлами – утилизаторами, при максимальном использовании существующего котельного, турбинного и электротехнического оборудования. По уровню стоимости, мощности и экономичности энергетические газотурбинные установки НК-37 и НК-37-1 в наибольшей степени подходят для модернизации электростанций с давлением пара 9,0 и 13,0 МПа.

Основным путем повышения термодинамической эффективности тепловых электрических станций (ТЭС) является применение парогазовых технологий. Применяются различные типы парогазовых установок (ПГУ) - как для создания мощных конденсационных и теплофикационных парогазовых энергоблоков, так и для реконструкции и модернизации существующих электростанций, в том числе теплоэлектроцентралей (ТЭЦ) малой и средней мощности. Наибольшее применение в мировой энергетике нашли парогазовые установки с котлами-утилизаторами (ПГУ с КУ), в которых теплота уходящих газов газовых турбин используется для генерации пара различных параметров или для подогрева сетевой воды. Используются две разновидности ПГУ с КУ - бинарного типа со сжиганием топлива в камере сгорания ГТУ и выработкой пара в КУ и ПГУ с дожиганием топлива перед котлом-утилизатором.

Наиболее высокие термодинамические показатели имеют бинарные парогазовые установки. Электрический КПД действующих бинарных конденсационных ПГУ находится на уровне 54 ... 55% и, в перспективе, при создании ГТУ с начальной температурой газа 1500 °С может возрасти до 60 %.

У большинства бинарных ПГУ, производимых ведущими энергомашиностроительными фирмами, из-за недостаточно высокой температуры газа за газовыми турбинами в котлах-утилизаторах генерируется пар с более низкими параметрами по сравнению со стандартными параметрами острого пара паротурбинных установок. Например, у газотурбинной установки V94.2 температура газов за турбиной равна 535 °С,

а у ГТУ V84.3А - 567° С. По этой причине в котлах-утилизаторах бинарных ПГУ генерируется пар с начальным давлением от 5,7 до 8 МПа с температурой 515...535°С. Соответственно, эти блоки ПГУ оснащаются специально разработанными паровыми турбинами типов Т-150-7,7, К-60-60, К-130-70, Т-30-7,7.

С целью повышения КПД бинарных ПГУ и снижения температуры уходящих газов в котлах-утилизаторах применяют контуры двух и даже трех давлений пара, что существенно усложняет конструкцию и металлоемкость КУ и повышает удельную стоимость киловатта их установленной мощности. Для повышения паропроизводительности и параметров генерируемого пара альтернативным, часто применяемым решением является установка перед котлами-утилизаторами камер дожигания топлива, но дожигание топлива приводит к снижению КПД ПГУ.

Рост экономики страны и увеличение потребности в электроэнергии потребует предотвращения возникновения дефицита в электроснабжении потребителей, экономии топливно-энергетических ресурсов и повышения рабочей мощности и топливной экономичности электростанций. Энергетической стратегией России на период до 2010 года предусматривается ограниченный ввод новых крупных энергетических мощностей. Основное внимание РАО «ЕЭС России» направлено на создание мощных высокоэкономичных парогазовых электростанций. В связи с задержкой с созданием мощных отечественных энергетических ГТУ при строительстве парогазовых энергоблоков приходится ориентироваться на использование импортных агрегатов: V93.2, V84.3А, GT8С.

Удельная стоимость мощности парогазовых электростанций с импортными ГТУ превышает 850 \$/кВт, а сроки окупаемости капиталовложений - 12 ... 14 лет.

Поэтому при модернизации ТЭС парогазовыми установками целесообразно ориентироваться на существующее или подготавливаемое к серийному производству отечественное газотурбинное оборудование. ОАО «Рыбинские моторы» и НПО «Машпроект» (Украина) создали перспективную энергетическую газотурбинную установку ГТЭ-110 электрической мощностью 114 МВт. На её базе в НПО «Сатурн» для технического перевооружения и реконструкции действующих электростанций разработаны проекты парогазовых установок «Сатурн ПГУ-170», «Сатурн ПГУ-325». По данным РАО «ЕЭС России» до 2015 года потребность в ГТЭ-110 оценивается в 103 комплекта для 20 российских электростанций.

В то же время имеется необходимость не только ввода новых энергетических мощностей при строительстве новых ПГУ, но и повышения располагаемой мощности и экономичности региональных ТЭЦ. Установленная электрическая мощность ТЭЦ составляет около 30% (65 млн.кВт) от суммарной мощности электростанций страны. Но в результате спада присоединенных тепловых нагрузок и сокращения конденсационной выработки электроэнергии значительная часть имеющихся на ТЭЦ мощностей не используется, их средний электрический КПД в основном не превышает 28 ... 30%. Состояние генерирующего оборудования большинства региональных ТЭЦ имеет высокий уровень физического и морального износа. Общая наработка парка турбоагрегатов на ТЭЦ составляет от 65 до 75% от их нормативного ресурса. Эти факторы убедительно подчеркивают необходимость технического перевооружения существующих ТЭЦ по парогазовым технологиям.

При модернизации ТЭЦ могут применяться как импортные ГТУ типов V93.2, V84.3A, GT8C, так и готовящиеся к серийному выпуску мощные отечественные ГТУ на базе ГТЭ-110 и ГТЭ-65. Удельные капиталовложения при строительстве на ТЭЦ

ПГУ с использованием импортных ГТУ составят 900...1200 \$/кВт, ПГУ с мощными отечественными ГТУ – 500...600 \$ /кВт.

Для сокращения затрат на модернизацию ТЭЦ по парогазовым технологиям следует стремиться к максимальному использованию существующего паротурбинного оборудования ТЭЦ. Предпочтительно в котлах-утилизаторах ГТУ вырабатывать острый пар стандартных параметров, что позволит при неизменной мощности паротурбинных агрегатов снизить паропроизводительность энергетических котлов и повысить КПД ТЭЦ. Возможны несколько путей модернизации региональных ТЭЦ с применением ГТУ.

На ТЭЦ могут устанавливаться ГТУ с паровыми котлами-утилизаторами (КУ) одного давления, вырабатывающими острый пар, подаваемый в главный паропровод станции. Для повышения параметров пара КУ снабжаются камерами дожигания топлива.

Возможен вариант модернизации промышленных и промышленно – отопительных ТЭЦ с подачей пара от КУ в паропровод промышленного отбора. По этой схеме работает на БТЭЦ газотурбинная установка на базе двигателя НК-37.

Парогазовые установки этого типа можно применять для модернизации ТЭЦ с турбоагрегатами типов ПТ-60-130/13 и ПТ-80-130/13.

Кроме того, модернизация ТЭЦ с давлением пара 13 МПа может быть также осуществлена с подачей пара от КУ в перепускной паропровод между цилиндрами высокого и среднего давления теплофикационных турбин типа Т-110/120-130. При этом будет осуществляться промежуточный перегрев пара между ЦСД и ЦНД этих турбин, благодаря чему наряду с повышением экономичности ТЭЦ уменьшится влажность пара и эрозионный износ рабочих лопаток ЦНД. Для ТЭЦ с начальными параметрами 13 МПа перспективны варианты с выработкой пара, подаваемого в промышленные отборы паровых турбин типа ПТ и в перепускные паропроводы между ЦВД и ЦСД турбин типа Т.

Для модернизации ТЭЦ эффективно применение контактных теплофикационных

ПГУ. Строительство головного образца энергетической установки этого типа - ПГУ-60С, спроектированного ММПП «Салют», ведется на ТЭЦ-28 «Мосэнерго». Эта ПГУ имеет электрическую мощность 60 МВт и эффективный КПД - 52% при малой эмиссии NO_x в выбросах.

Представляется реальным создание подобной энергетической контактной ПГУ на базе модернизированной ГТУ НК-37-1 с новой силовой турбиной и температурой на

входе порядка 900°C . Перед силовой турбиной устанавливается камера дожигания топлива. Установка снабжается паровым котлом – утилизатором двух давлений пара. Пар высокого давления подается в главный паропровод ТЭЦ, а пар низкого давления поступает в камеру дожигания. Силовая турбина работает на парогазовой смеси. КУ имеет контактный конденсатор и сепаратор влаги. При необходимости, также может быть применена теплонасосная установка (рис. 1).

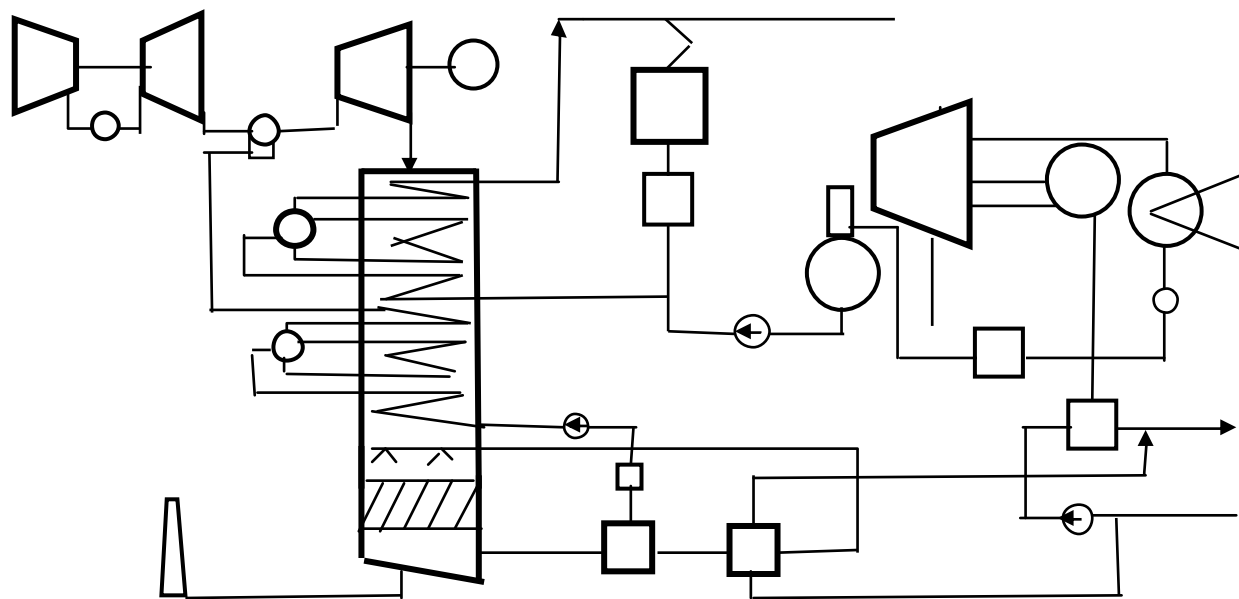


Рис.1. Принципиальная тепловая схема ТЭЦ надстроенной контактной газопаровой ГТУ. КУ двух давлений пара с конденсацией пара из парогазовой смеси и теплонасосной установкой для подогрева сетевой воды

Анализ показывает, что реконструкцию региональных ТЭЦ экономически целесообразно проводить путем их надстройки конвертированными энергетическими ГТУ мощностью 25 ... 30 МВт с паровыми котлами – утилизаторами, при максимальном использовании существующего котельного, турбинного и электротехнического оборудования. По уровню стоимости, мощности и экономичности энергетические газотурбинные установки НК-37 и НК-37-1 в наибольшей степени подходят для модернизации электростанций с давлением пара 9,0 и 13,0 МПа.

Наибольший интерес представляет вариант модернизации ТЭЦ с применением модифицированных ГТУ НК-37-1 (условно названных НК-37-2) снабженных камерами дожигания топлива перед силовыми турбинами (рис 2). Проведен анализ сравнитель-

ной эффективности надстройки ТЭЦ модернизированной газовой турбиной имеющей камеру дожигания перед свободной турбиной и НК-37-1 с камерой дожигания, установленной перед КУ.

Проведены расчеты этих газотурбинных установок и тепловых схем ТЭЦ, работающих с давлением и температурой пара 10МПа, 540°C при температурах наружного воздуха от -15 до $+15^{\circ}\text{C}$. Расход пара на турбоагрегаты модернизированной ТЭЦ не изменяется. За счет генерации пара в КУ снижается паропроизводительность и расход топлива энергетических котлов. Подогрев сетевой воды в ГВП приводит к частичному вытеснению теплофикационных отборов турбин. Вытесненный пар расширяется в турбоагрегатах ТЭЦ, увеличивая их электрическую мощность (рис.3) и КПД (рис. 4).

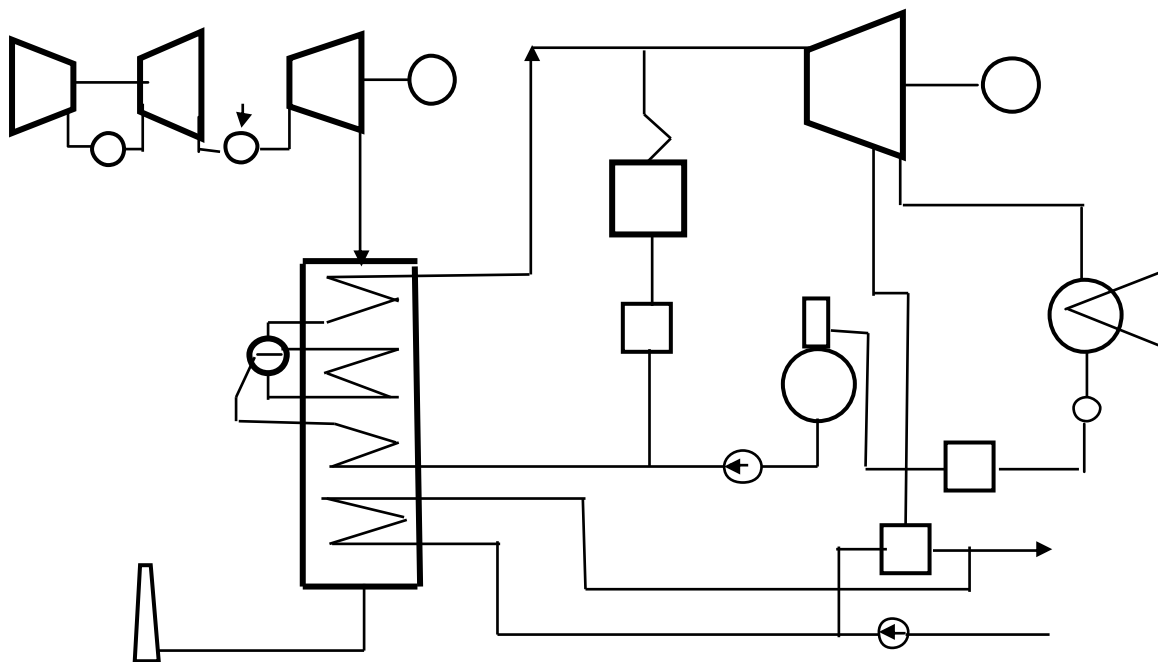


Рис.2. Тепловая схема ТЭЦ надстроенной ГТУ с камерой дожигания перед силовой турбиной и КУ высокого давления

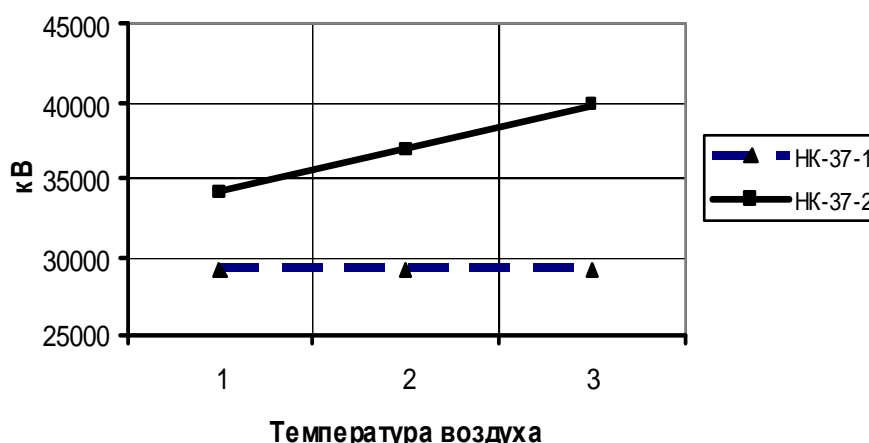


Рис.3. Дополнительная электрическая мощность ТЭЦ надстроенной ГТУ НК-37-1 и НК-37-2 при температуре воздуха: 1 - $+15^{\circ}\text{C}$; 2 - 0°C ; 3 - -15°C .

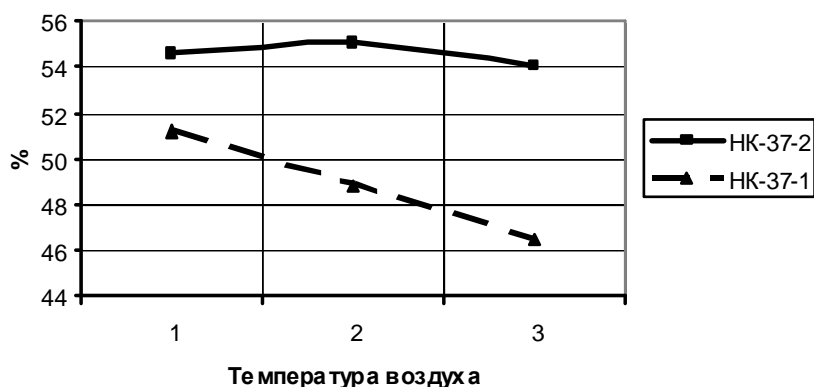


Рис.4. Электрические КПД дополнительной мощности ТЭЦ надстроенной НК-37-1 и НК-37-2

Полученные результаты сравнительного анализа подтверждают, что модернизация ТЭЦ с использованием модернизированной НК-37-1 обеспечивает значительное повышение мощности и экономичности как в

летние, так и в зимние периоды работы ТЭЦ. При этом по предварительной оценке удельные капиталовложения в дополнительную мощность ТЭЦ окажутся на 10 ... 15% ниже, относительно варианта с использовани-

ем НК-37-1. Удельные капиталовложения в дополнительную мощность будут в 1,5...2 раза ниже по сравнению с применением импортных ГТУ.

Учитывая, что в настоящее время необходимо проведение технического пере-

вооружения по парогазовому циклу нескольких десятков региональных ТЭЦ, скорейшее проведение работ по модернизации НК-37-1 в НК-37-2 должно обеспечить потребность в них на энергетическом рынке до 100 штук.

NK-37-1 WITH THE CHAMBER OF CONCLUSIVE INCINERATION OF FUEL IN FRONT OF THE POWER TURBINE – THERE IS THE MOST CONVENIENT WAY OF MODERNIZATION OF ELECTRIC STATIONS

© 2006 V.A. Nikishin, L.I. Peshkov, L.P. Sheludko

Here is taken the analysis of the most efficient ways of the development of thermal power plants and regional electric stations in particular. There is shown the most convenient way of modernization of electric stations according to the vapour gas scheme on the basis of the developed energetic gas turbine plants НК-37-1, which is provided with the chamber of conclusive incineration of fuel in front of the power turbine and with the steam boilers making recovery and generating steam for turbine units of the electric station.

In the article also emphasized that using the developed gas turbine plants comparing to НК – 37-1 conduces to increase electric power to 10 MW.