



Модель паровой теплофикационной турбины

**А.Д. МЕХТИЕВ, к.т.н., старший преподаватель,
А.В. ТАРАНОВ, к.т.н., доцент,
Карагандинский государственный технический университет**



Актуальность развития энергетической отрасли и все возрастающие потребности в электроэнергии в Казахстане создают необходимость в современном подходе к подготовке квалифицированных специалистов в области электроснабжения. Кафедра энергетики КарГТУ разрабатывает инновационные методы обучения и внедряет их в учебный процесс. Это позволяет существенно повысить качество подготовки бакалавров и магистров, а также приобрести ценный практический опыт, связанный с работой теплофикационных турбин. Для более полного восприятия всех тепломеханических и электрических процессов, протекающих в современных турбоустановках тепловых электростанций, необходимо создание их полноценных действующих моделей. Сотрудники кафедры в 2009-2010 гг. разработали действующий учебно-лабораторный комплекс. Использовались результаты научных исследований и накопленный многолетний опыт практической работы с теплоэнергетическим оборудованием ТЭС, а также взятая за основу схема действующей теплофикационной турбины. Это учебно-лабораторное оборудование можно назвать уникальным, так как оно не имеет аналогов по Республике Казахстан. В данной разработке реализована идея натурного моделирования паротурбинных установок для проведения лабораторных работ студентами, а также выполнения ими научно-исследовательских работ.

Вступление человечества в эру высоких технологий и постоянное ускорение темпов научно-технического развития сделало энергетику ведущей отраслью промышленности. Общемировые потребности человечества в электро- и теплоэнергии постоянно растут из года в год. Несмотря на усердные поиски ученых и инженеров альтернативных источников энергии на сегодняшний день не дали возможности заменить электростанции на ископаемом топливе. По сей день они имеют первостепенное значение при производстве электроэнергии, и именно тепловые электрические станции получили преимущественное распространение на территории Казахстана. Уже в середине 70-х гг. XX в. тепловые электростанции (ТЭС) являлись основным видом электрических станций. Доля вырабатываемой ими электроэнергии составляла около 80 %.

Среди ТЭС преобладают тепловые паротурбинные электростанции (ТПЭС), на которых тепловая энергия

используется в парогенераторе для получения водяного пара высокого давления, приводящего во вращение ротор паровой турбины, соединенный с ротором электрического генератора (обычно синхронного генератора). В СНГ на ТПЭС производится ~99 % электроэнергии, вырабатываемой ТЭС. В качестве топлива на таких ТЭС используют уголь (преимущественно), мазут, природный газ, лигнит, торф, сланцы.

ТПЭС, имеющие в качестве привода электрогенераторов теплофикационные турбины и использующие тепло отработавшего пара для снабжения тепловой энергией внешних потребителей, называют теплоэлектроцентралями (ТЭЦ).

Учитывая актуальность развития энергетической отрасли Казахстана, а также все возрастающие потребности в электроэнергии, появляется необходимость в современном подходе к подготовке квалифицированных специалистов в области электроснабжения. Кафедра энергетики КарГТУ, одного из ведущих технических университетов страны, разрабатывает инновационные методы обучения и внедряет их в учебный процесс, что позволяет существенно повысить качество подготовки бакалавров и магистров, а также приобрести им ценный практический опыт, связанный с работой теплофикационных турбин. Для более полного восприятия всех тепломеханических и электрических процессов, протекающих в современных турбоустановках ТЭС необходимо создание их полноценных действующих моделей. С учетом этих факторов сотрудниками кафедры в 2009-2010 гг. разработан действующий учебно-лабораторный комплекс, при этом использовались результаты научных исследований и накопленный многолетний опыт практической работы с теплоэнергетическим оборудованием ТЭС, а также взятая за основу схема действующей теплофикационной турбины. В данной разработке нами реализована идея натурного моделирования паротурбинных установок для проведения лабораторных работ студентами, а также выполнение ими научно-исследовательских работ.

Это учебно-лабораторное оборудование можно назвать уникальным, так как не имеет аналогов по Республике Казахстан. Оно позволяет студентам исследовать основные режимы работы теплофикационных турбин и тепловой схемы ТЭС, а также изучать различные теплофизические процессы, протекающие при работе паротурбинной установки и приобрести практические навыки. Данная модель позволяет полу-

читать достаточно полное представление о процессе работы паротурбинной установки и теплоэнергетическом оборудовании электростанций.

Действующая физическая модель теплофикационной турбины тепловой электрической станции, содержащая все элементы принципиальной тепловой схемы (рисунок 1), разработана на основе действующих паротурбинных установок Карагандинской ТЭЦ-3. Паровая турбина является основным типом двигателя на современной тепловой электростанции и в том числе атомной. Паровая турбина обладает большой быстротходностью, отличается сравнительно малыми размерами и массой и может быть построена на очень большую мощность (более 1000 МВт), превышающую мощность какой-либо другой машины. Вместе с тем у паровой турбины исключительно хорошие технико-экономические показатели: относительно небольшая удельная стоимость, высокие экономичность, надежность и ресурс работы, составляющий десятки лет.

Свежий (острый) пар из котельного агрегата 1 по паропроводу 2 направляется на рабочие лопатки цилиндра высокого давления (ЦВД) паровой турбины 3. При расширении кинетическая энергия пара преобразуется в механическую энергию вращения ротора турбины, который соединен с валом 4 электрического генератора 5. В процессе расширения пара из цилиндра производится теплофикационный отбор 6, который нагревает сетевую воду 7. Отработанный пар из последней ступени попадает в конденсатор, где и происходит его конденсация, а затем по трубопроводу 8 направляется обратно в котельный агрегат при помощи насоса 9. Большая часть тепла, полученного в котле, используется для подогрева сетевой воды.

Созданная нами установка показана на рисунке 2 и, как сказано ранее, позволяет выполнить ряд натуральных исследований многих теплофизических процессов, например, таких как перехода воды из одного фазового состояния в другой, перегрева пара и его дросселирования через узкое отверстие, получения электрической энергии, нагрева теплоносителя и многое другое.

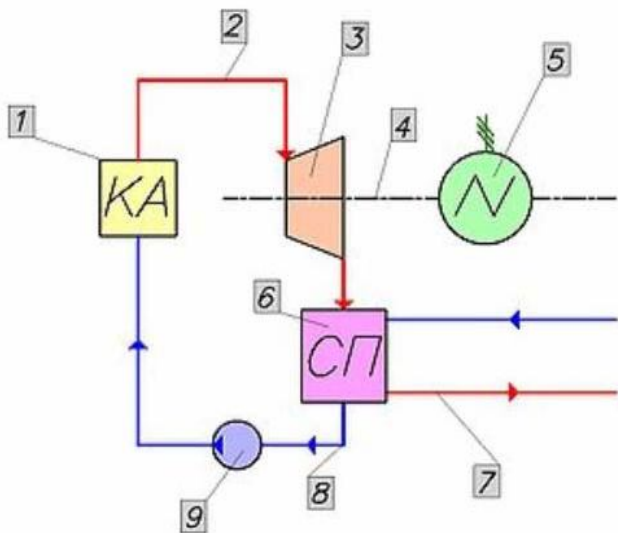


Рисунок 1 – Схема работы теплофикационной турбины

Основными преимуществами данной установки являются: адекватность и качество модели, реалистичность протекающих в ней процессов и их наглядность, недорогая стоимость изготовления, простота в эксплуатации и ремонте. Установка является полностью разборной и в случае выхода из строя одного из её элементов позволяет без труда заменить его.

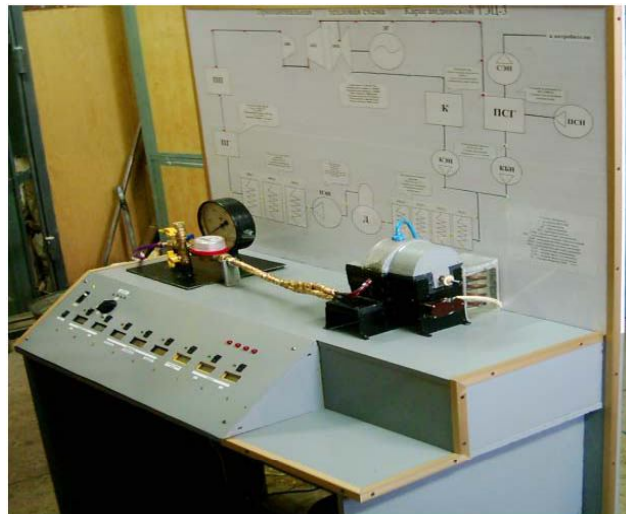
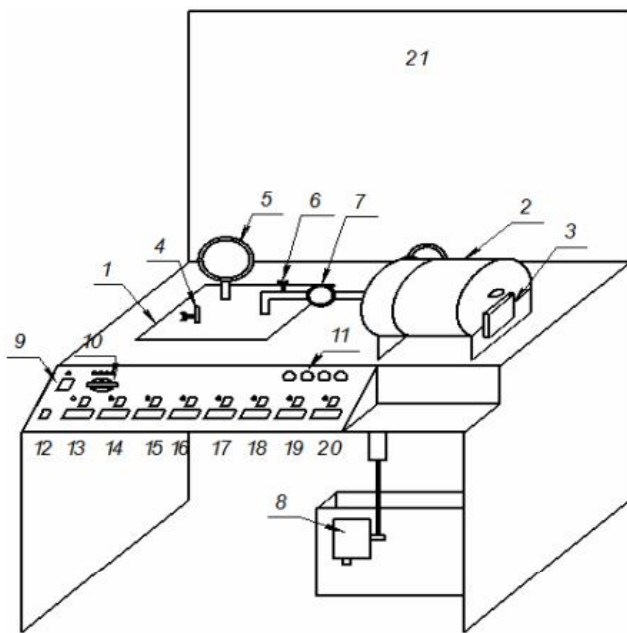


Рисунок 2 – Внешний вид стенда

На заднем плане стенда расположена принципиальная тепловая схема ТЭЦ с замкнутым циклом и световой индикацией этапов от получения пара до превращения его в конденсат после прохождения через теплофикационную турбину, а также возвращения его для регенеративного нагрева в котельном агрегате. Расположение основных элементов стенда паротурбинной установки представлены на рисунке 3.

Модель включает в себя автоматизированный котлоагрегат на электроэнергию, производительностью одна тонна в час, паровая турбина, конденсатор, конденсатный электрический насос, регенеративный подогреватель, электрический генератор. Щит управления расположен с лицевой стороны стенда на котором смонтированы элементы управления режимами работы установки и приборы для контроля и измерения параметров. В верхней части котла установлен вентиль ревизий (продувки) котла, что позволяет периодически удалять с паропровода остатки сконденсированного пара и в случае повышения давления в котле сбросить лишний пар в атмосферу, что позволяет отслеживать распределение пара, его фазовые переходы, процесс охлаждения, перегрева и т.д. В качестве источника нагрева в котле установлено 2 электронагревателя мощностью по 1,25 кВт (параметры котла приведены в таблице). Для регистрации значений измеряемых величин используются цифровые контрольно-измерительные приборы.

При работе с данной установкой будущие специалисты могут наглядно увидеть принцип работы парового котла и паротурбинной установки, освоить необходимые навыки управления паротурбинной установкой и приобрести знания в области автоматизации энергетических объектов. Принципиальная электрическая схема стенда приведена на рисунке 4.



1 – котлоагрегат; 2 – турбоагрегат; 3 – генератор;
4 – вентиль аварийного сброса пара; 5 – манометр; 6 – ГПЗ;
7 – расходомер пара; 8 – КЭН; 9 – выключатель сети;
10 – переключатель режимов работы котла; 11 – индикация нагрузки генератора; 12 – общий выключатель приборов контроля; 13-20 – приборы контроля параметров установки с индивидуальными выключателями; 21 – стенд с изображением принципиальной тепловой схемы ТЭЦ-3 и светодиодной индикацией

Рисунок 3 – Основные элементы модели паротурбинной установки тепловой электрической станции

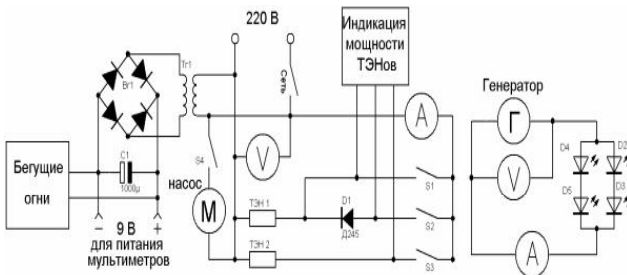


Рисунок 4 – Принципиальная электрическая схема установки

Параметры котла

Наименование	Единицы измерения	Параметры
Теплотворная способность	Ккал/час	2150
Номинальная паропроизводительность	л/час	3600
Давление пара в котле	кг/см ²	0,8-2
Температура пара	С ^о	110-115

Под руководством преподавателей кафедры студенты выполнили ряд исследований по изучению теплофизических свойств пара и параметров теплофикационной турбины. Результаты выполненной ими научной работы представлены графиком зависимости температуры пара от давления (рисунок 5).

График зависимости напряжения U, снимаемого с генератора, от частоты вращения n ротора турбины (рисунок 6).

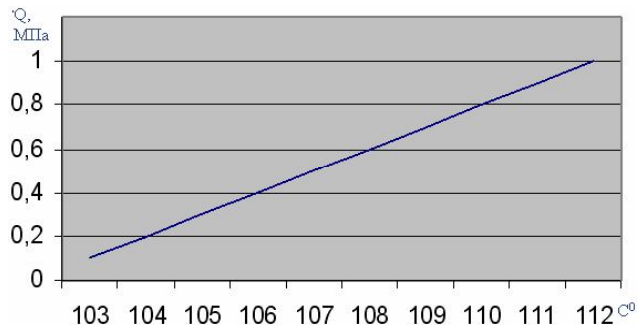


Рисунок 5 – Зависимость давления пара в котле от температуры

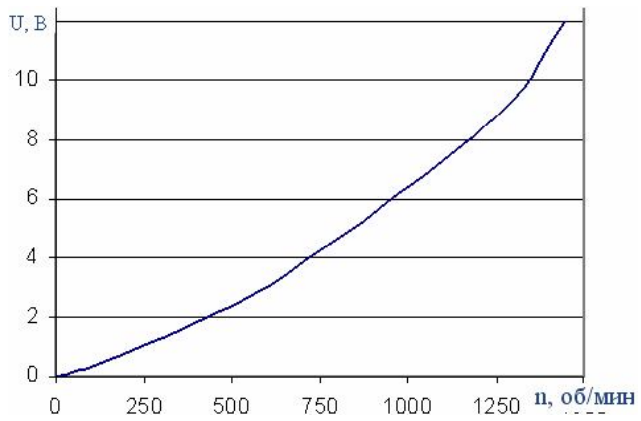


Рисунок 6 – График зависимости напряжения U, снимаемого с генератора, от частоты вращения n ротора турбины

График зависимости частоты вращения n ротора турбины от давления в парогенераторе P (рисунок 7).

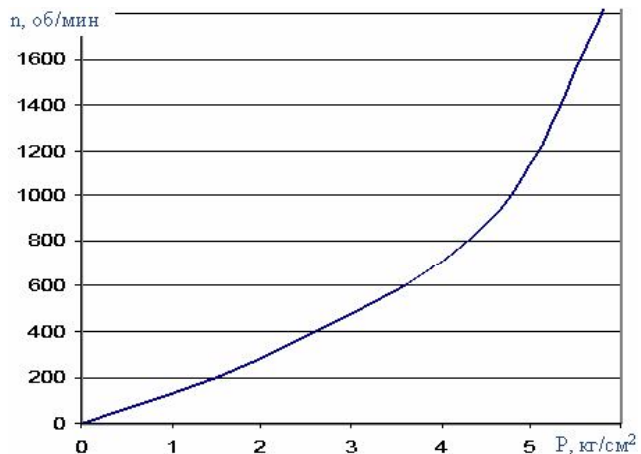


Рисунок 7 – График зависимости частоты вращения n ротора турбины от давления в парогенераторе P

Мехтиев А.Д., Таранов А.В. Бүмен жылы беру турбинасының моделі.

Қазақстанда энергетикалық саланы және электр энергиясына барған сайын артып келе жатқан қажеттілікті дамыту өзектілігі электрмен қамту саласында білікті мамандарды даярлауға жаңаша тәсіл қажеттігін тудырады. ҚарМТУ-дың энергетика кафедрасы инновациялық оқыту әдістерін жасауда және оларды оқу процесіне енгізеді. Бұл бакалаврлар мен магистрларды даярлау сапасын айтарлықтай

арттыруға, сондай-ақ жылу беру турбиналарының жұмыстарына байланысты құнды практикалық тәжірибе алуға мүмкіндік береді. Жылу электр станцияларының жаңа заманғы турбоқондырғыларында жүретін барлық жылу механикалық және электрлік процестерді анағұрлым толық қабылдау үшін олардың толық құнды өрекеттегі модельдерін құру қажет. Кафедра қызметкерлері 2009-2010 жж. өрекеттегі оқу-зертханалық кешен құрды. Ғылыми зерттеу нәтижелері және ЖЭС жылу энергетикалық жабдығымен практикалық жұмыста жинақталған көп жылдық тәжірибе, сондай-ақ негізге алынған өрекеттегі жылу беру турбинасының сұлбасы пайдаланылды. Осы оқу-зертханалық жабдықты бірегей деп атауға болады, себебі оның Қазақстан Республикасы бойынша аналогы жоқ. Осы дайындамада студенттердің зертханалық жұмыстар жүргізуіне, сондай-ақ олардың ғылыми-зерттеу жұмыстарды орындауына арналған бу-турбиналық құрылғыларды зерттеу идеясы жүзеге асырылған.

Mekhtiyev A.D., Taranov A.V. Model of Steam Extraction Turbine.

The urgency of developing power engineering and the increasing demands for electric power in Kazakhstan make it possible to find a modern approach to qualified specialists training in the field of electric power supply. KSTU chair of power engineering develops innovation methods of teaching and introduces them in the teaching process. This helps to increase significantly the quality of bachelors and masters training and to acquire a valuable practical experience connected with the extraction turbines operation. In 2009-2010 the chair workers developed a working training laboratory complex. There were used the results of scientific studies and many-year experience of practical work with heat power equipment of TES and the taken as a base scheme of an extraction turbine. This training laboratory equipment can be called unique as it has no analogues in Kazakhstan. In the work there was realized the idea of the nature modeling of steam turbine sets for carrying out students laboratory

work and performing scientific research works by them.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Мехтиев Али Дэжаваниширович, родился 04.02.72 г. в России, закончил 1999 году КарГТУ, к.т.н., старший преподаватель кафедры Энергетики. Подготовил 3 учебных пособий, 16 учебно-методических разработок. По результатам исследований опубликованы 20 научных работ, в том числе получен инновационный патент Республики Казахстан № 21109, специалист в области горных машин и энергетики.

Таранов Александр Викторович, 1976 года рождения. Окончил Карагандинский государственный технический университет в 1998 году по специальности 210440 «Электроснабжение». Работает в Карагандинском государственном техническом университете с августа 1998 года в должности ассистента кафедры «Электроснабжение и электротехника». В декабре 1998 года был зачислен в очную аспирантуру по специальности 05.05.06 «Горные машины». После окончания очной аспирантуры в 2001 году был назначен преподавателем кафедры «Электроснабжение и электротехника». В 2003 году был принят на должность старшего преподавателя кафедры «Электроснабжение и электротехника» (с 26.09.2008 г. переименована в кафедру «Энергетика»). 28 мая 2009 года защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.06 «Горные машины». В 2010 году был принят на должность доцента кафедры «Энергетика», где и работает в настоящее время. Активно занимается научной деятельностью. В настоящее время участвует в разработке нового направления – шахтных и карьерных пневмоподъемных установок. Регулярно публикуется, участвует в международных и республиканских конференциях с докладами, посвященными инновационным разработкам в области горного дела, подъемного оборудования и электроэнергетики. По результатам исследований опубликованы 22 научные работы.