

но выявить, в какой сфере им наиболее выгодно развиваться, чтобы быть востребованными на рынке труда. Во время данной практики студенты овладевают не только техническими, но и социальными навыками, такими как межличностное общение.

4. Международное сотрудничество. Esprit сотрудничает со многими зарубежными университетами, и данное сотрудничество является гарантом преодоления экономического кризиса в стране. Наука и исследования являются важными составляющими, благодаря которым преподавательский состав находится в курсе всех технологических инноваций.

Esprit-Tech – Инновационное научно-исследовательское сообщество, созданное на базе университета. В его состав входят преподаватели, ведущие научно-исследовательскую деятельность, которые, в свою очередь, руководят студенческими исследовательскими проектами в области инновационных технологий с целью дальнейшего продолжения исследования и подготовки дипломной работы.

Обучение на основе учебной программы Esprit позволяет подготовить

будущих специалистов-инженеров, обладающих навыками решения многоцелевых задач и способностью работать в стремительном ритме технологического прогресса.

5. Заключение. Одним из педагогических аспектов технического образования в Esprit является сотрудничество с местными и международными компаниями. Именно поэтому в университете постоянно происходит работа над совершенствованием учебной программы и проводится реформа методов оценки знаний, приобретенных студентами. Этот факт подтверждает и выше упомянутые модели ПОО, а также оценка проектных студенческих работ. Однако, руководство Esprit нацелено не только на оценочные показатели. Основная задача университета – обеспечить профессиональную пригодность специалиста, его подготовку для работы на национальном и международном уровне и развитие способности решать сложные задачи. Комплексная реализация всех поставленных целей и задач создает, в результате, обучающую среду, приближенную к реальному производственному процессу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jamieson Leah H. Innovation with Impact [Electronic resource]: Creating a culture for scholarly and systematic innovation in engineering education / Leah H. Jamieson and Jack R. Lohmann; Amer. Soc. for Eng. Education (ASEE).– Washington, DC, 2012 (June, 1). – 77 p. – URL: http://www.abet.org/uploadedFiles/Program_Evaluators/Professional_Development/innovation-wth-impact-executive-summary.pdf, free. – Tit. from the screen (usage date: 01.06.2012).
2. Motivation and self-regulated learning: Theory, research and applications / Eds. Dale H. Schunk and Barry J. Zimmerman. – N. Y., 2008. – 432 p.
3. Shimi I. Super courses, a bridge between university and incubator [Electronic resource] // Eng. Education. – 2014. – № 16. – P. 146–149. – URL: http://aeer.ru/filesen/io/m16/art_23.pdf, free. – Tit. from the screen (usage date: 10.06.2015).

Развитие профессиональных компетенций студентов младших курсов инженерных вузов на примере исследования поверхностей и межлопаточного канала газотурбинной установки с выполнением аксонометрического чертежа канала

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
Г.А. Пугин, А.Б. Минеев

Представлено описание одного из видов учебной деятельности «Исследовательско-графической практики», направленной на закрепление знаний и навыков, полученных студентами в курсе «Инженерная графика» и развитие профессиональных компетенций студентов младших курсов на примере исследования лопатки газотурбинной установки. Сформулировано задание для создания теоретической модели и выполнен аксонометрический чертеж лопатки газотурбинной установки.

Ключевые слова: инженерное образование, инженерная графика, линейчатые поверхности, лопатка газотурбинной установки, компетенции.

Key words: engineering education, engineering graphics, gas-turbine blade, competences.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одним из основных требований к современному выпускнику инженерного вуза является профессиональная компетентность.

Профессиональная компетентность определяется как достижение современного уровня знаний как общепрофессиональных, так и специальных дисциплин. Под этим подразумевается, что уже на начальных стадиях обучения, студенты должны быть способны создавать теоретические модели, позволяющие прогнозировать физические явления и использовать их.

Развитие данной профессиональной компетенции показано на примере исследования поверхностей и межлопаточного канала газотурбинной установки с выполнением чертежа аксонометрического канала. В данной работе рассмотрены способы практического

построения лопатки газовой турбины на основе знаний, полученных в курсе начертательной геометрии и правил построения аксонометрических проекций. На примере построения трех плоских сечений лопатки проанализирован тип полученной поверхности по пространственной модели, описано выполнение аксонометрической проекции пространственного канала.

Данное исследование может быть выполнено студентами младших курсов факультета «Энергомашиностроение» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

ЛИНЕЙЧАТЫЕ ПОВЕРХНОСТИ

Практическое знакомство с линейчатыми поверхностями осуществляется на характерной детали газотурбинной установки – лопатке.

Линейчатая поверхность в общем случае однозначно определяется тремя направляющими линиями. Произвольно



Г.А. Пугин



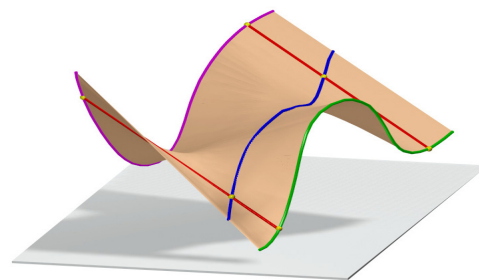
А.Б. Минеев

можно задать только две направляющие. Форму и положение третьей направляющей выбирают так, чтобы она находилась внутри «тела» конгруэнции, определяемой двумя данными направляющими, то есть, задав две направляющие линейчатой поверхности, определяют область, которой принадлежит третья направляющая.

В зависимости от формы направляющих и их расположения в пространстве получают поверхности, которые могут быть отнесены к пяти видам:

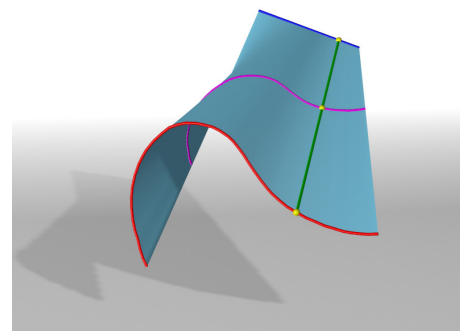
1. Поверхность общего вида (косой цилиндр с тремя направляющими) образуется при движении прямолинейной образующей по трем криволинейным направляющим (рис. 1).

Рис. 1.



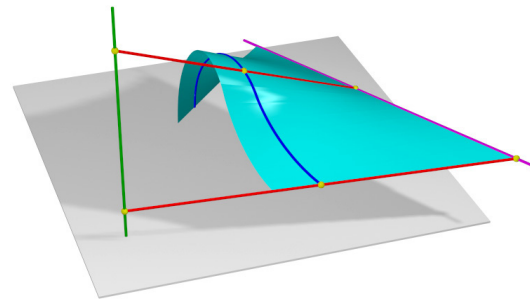
2. Поверхность дважды косо цилиндриоида образуется при движении прямой по двум кривым направляющим и третьей – прямой линии (рис. 2).

Рис. 2.



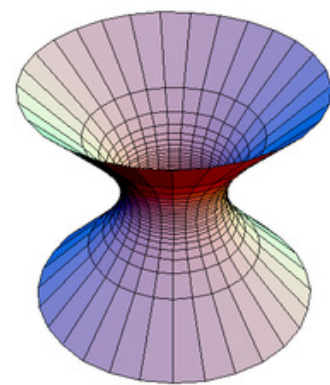
3. Поверхность дважды косо коноида образуется при движении прямой по направляющим – прямой и кривой (рис. 3).

Рис. 3.



4. Поверхность гиперboloида получается при движении прямолинейной образующей по трем направляющим прямым (рис. 4).

Рис. 4.



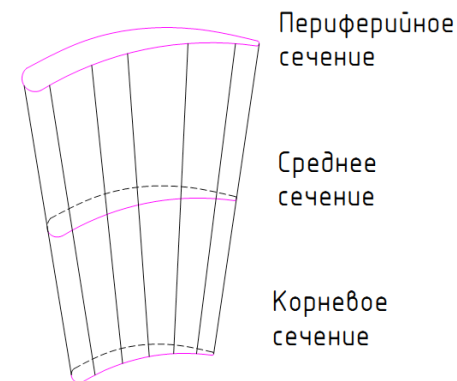
5. Линейчатая поверхность, заданная инженерным способом. Образующие такой поверхности проходят через соответствующие точки [1, с. 89-90].

Поверхности лопаток газотурбинных установок представляют собой сочетание описанных выше поверхностей. На рис. 5 изображена лопатка, ограниченная поверхностью общего вида.

В основу формообразования лопат-

ки положена методика проектирования межлопаточного канала, используемая при курсовом проектировании, но акцент сделан на графических аспектах методики без подробного анализа причин, влияющих на выбор геометриче-

Рис. 5.



ских параметров.

Основные величины, определяющие параметры решетки и плоского сечения лопатки, приведены в табл. 1, где b – хорда лопатки, мм; r_1 – радиус входной кромки, мм; r_2 – радиус выходной кромки, мм; S – ширина решетки, мм; β_1, β_2 – углы входа и выхода потока, град.; $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4$ – углы прямых, касательных к спинке и корытцу при входе и выходе с лопатки, град; Z – уровень сечения профиля лопатки, мм. В качестве примера приведены три варианта реальных профилей по трем сечениям Z : корневое $Z = 0$; среднее $Z = 35$ мм; периферийное $Z = 70$ мм.

На рис. 6, 7 показана последовательность выполнения плоского контура в Z -м сечении:

Первая операция (рис. 6) включает вычерчивание заданных графических параметров с определением центров входной и выходной кромок

Таблица 1. Исходные данные для исследования

номер варианта	b	r_1	r_2	S	β_1	β_2	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	Z
I	26	0.37	0.23	25	35	27	22	57	22	35	0
	26	0.46	0.23	22	49	18	41	67	12	21	35
	26	0.53	0.23	19	71	23	66	76	22	25	70
II	25	0.76	0.25	24.6	31	40	28	43	32	45	0
	23	0.75	0.25	20.7	36	29	27	58	26	31	35
	26	0.55	0.25	21.6	46	21	41	59	21	21	70
III	33	0.51	0.41	31.8	47	42	34	57	34	45	0
	23	0.60	0.35	21.8	55	29	50	73	27	33	35
	34	0.37	0.27	19.9	90	27	100	96	25	29	70

Рис. 6.

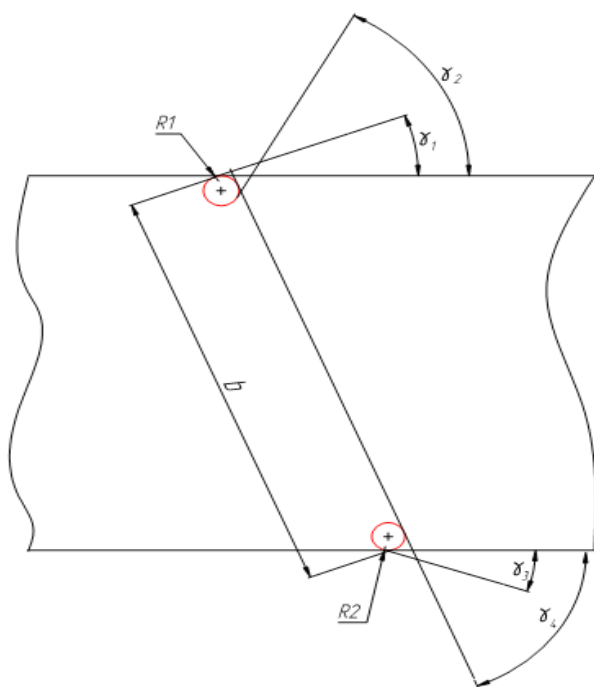
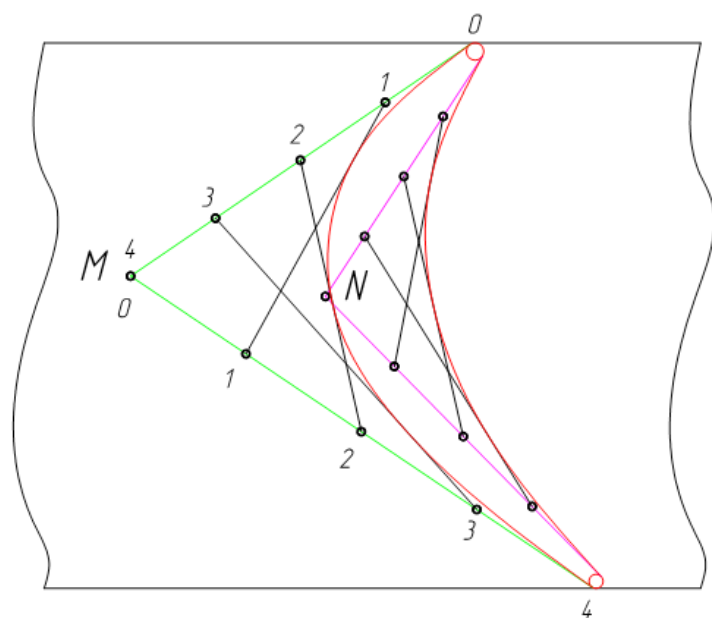


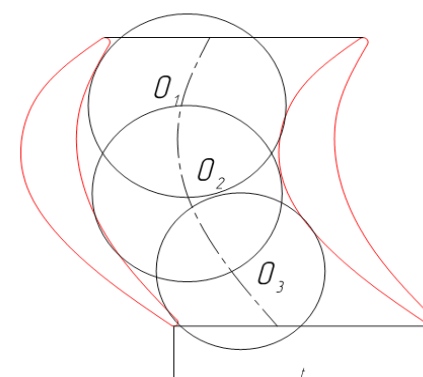
Рис. 7.



лопатки и точек касания направляющих корытца и спинки с соответствующими радиусами скруглений; вторая операция (рис. 7) включает определение точек пересечения касательных на спинке и корытце (M, N). После этого строят сетки для двух квадратичных парабол, разделив расстояния от точки M (N) до входной кромки и расстояние от точки M (N) до выходной кромки на равное число отрезков и соединив одноименные точки.

В основу конструирования профиля должно быть положено стремление к значительному сужению канала к выходу, благодаря чему зона больших скоростей сосредотачивается на небольшой длине канала. Чтобы проверить канал на сужение, вычерчивают часть второго профиля на расстоянии шага решетки t (расстояние между одноименными точками в заданном сечении $t = 0,8 b$). После этого в канал вписывают окружности, центры которых находятся на средней линии канала (рис. 8). Затем

Рис. 8.



среднюю линию распрямляют и анализируют характер линии, огибающей окружности (рис. 9).

Плавная огибающая, сужающаяся к выходу, свидетельствует о правильно подобранных сечениях.

Аналогично по трем плоским сечениям (корневому, среднему, периферийному – см. рис. 5) анализируют поверхности на различных участках канала. Для каждого сечения определяют центр тяжести. После совмещения центров тяжести сечений и учета углов установки профиля получают вид на рабочую (сопловую) лопатку сверху (рис. 10) [2, с. 159].

АКСОНОМЕТРИЧЕСКИЙ ЧЕРТЕЖ КАНАЛА

Известно, что к изображениям предметов предъявляют три основных требования: обратимость, наглядность и простота выполнения.

Если по комплексному чертежу довольно сложно представить форму изображенного предмета, то аксоно-

Рис. 9.

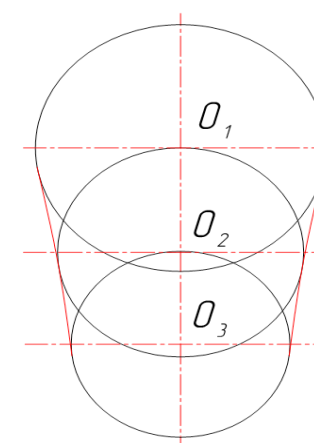
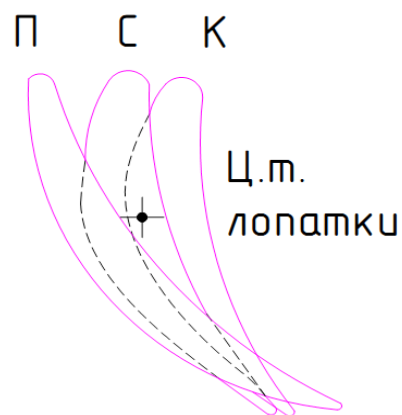


Рис. 10.



метрический чертеж обладает большой наглядностью, хотя порой и достаточно трудоемок.

Аксонметрический (от греческого ахон – ось и ...метрия) чертеж – это трехмерное изображение предмета на одной плоскости проекций. На эту же плоскость проецируются и координатные оси, к которым отнесен предмет,

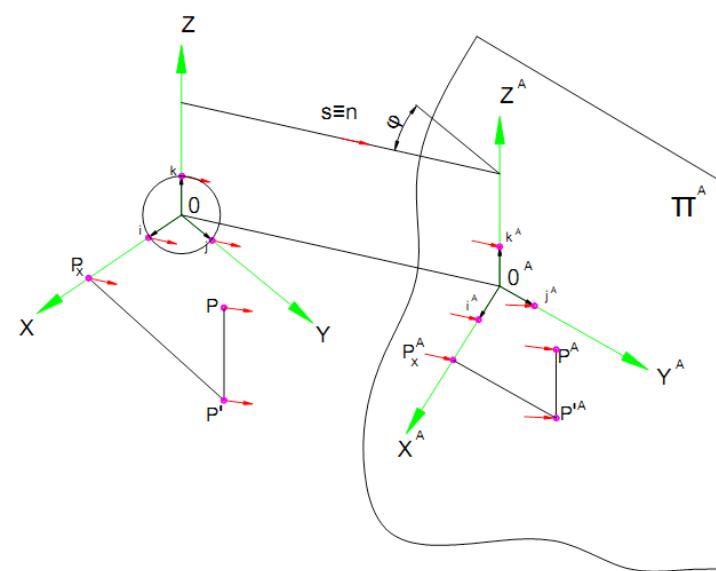
вместе с действующими масштабными отрезками на этих осях [4, с. 169].

Как же образуется аксонометрический чертеж? Пусть в пространстве находится некоторая точка P (рис. 11а), принадлежащая пространственному трехграннику X, Y, Z с единичными отрезками i, j, k . Проекция точки P на плоскость $XOY - P'$. Точка P связана с координатными осями ломаной $OPxP'yPz$, называемой координатной (метрической) ломаной. Проекцию P' называют первичной проекцией точки P .

Возьмем плоскость Π^A так, чтобы она пересекала все координатные оси, и выберем направление проецирования S . Теперь на плоскость Π^A по направлению S спроецируем: координатные оси $X^A Y^A Z^A$; единичные масштабные отрезки i^A, j^A, k^A ; точку P (ее первичную проекцию и координатную ломаную). Тогда в плоскости Π^A – плоскости аксонометрических проекций получим:

аксонометрические проекции координатных осей – аксонометрические оси $X^A Y^A Z^A$,
единичные аксонометрическую про-

Рис. 11а.



екцию точки $P - P^A$;

аксонометрическую проекцию первичной проекции точки $P' - P'^A$;

аксонометрическую проекцию координатной ломаной точки $P - O^A P^A X^A P^A Y^A P^A Z^A$. Совокупность всех этих операций на плоскости Π^A и образуют аксонометрический чертеж.

Отношение единичных аксонометрических масштабных отрезков к их действительной величине называют коэффициентами искажения и обозначают:

$$u = i^A / i, \quad v = j^A / j, \quad w = k^A / k.$$

Коэффициентные искажения зависят от направления проецирования. Если за угол φ принять угол между направлением проецирования и плоскостью аксонометрических проекций, то получим зависимость (рис. 11б.)

$$u^2 + v^2 + w^2 = 2 + \text{ctg}^2 \varphi.$$

Если центр проецирования находится на конечном расстоянии от плоскости аксонометрических проекций (в собственной точке), то такое проецирование называют центральным; если же центр проецирования находится

в бесконечности (в несобственной точке) – параллельным.

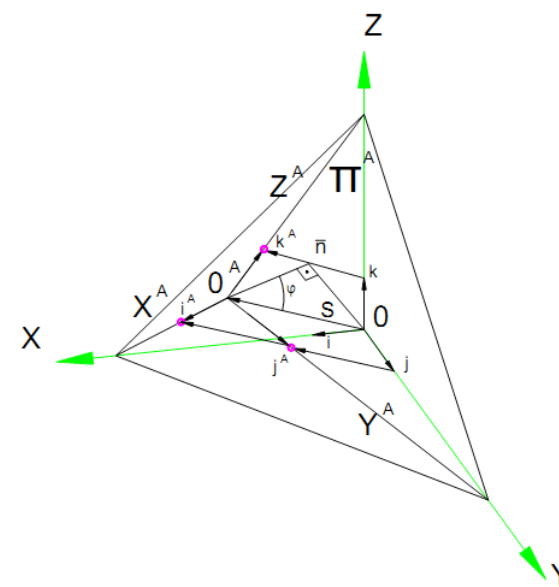
В зависимости от направления проецирования параллельные аксонометрические проекции разделяют на косоугольные (направление проецирования не перпендикулярно плоскости аксонометрических проекций) и прямоугольные (направление проецирования перпендикулярно плоскости аксонометрических проекций $\varphi = \pi/2$).

Если все три коэффициента искажения не равны между собой, то проекцию называют триметрической; если равны два коэффициента искажения (например, $u = v$) и они отличны от третьего, то проекцию называют диметрической; если же все три коэффициента искажения равны, то проекцию называют изометрической.

Для прямоугольных аксонометрических проекций угол $\varphi = \pi/2$ и $\text{ctg} \varphi = 0$, следовательно, $u^2 + v^2 + w^2 = 2$.

Очевидно, что в прямоугольной аксонометрической проекции ни один из коэффициентов искажения не может

Рис. 11б.



быть больше единицы.

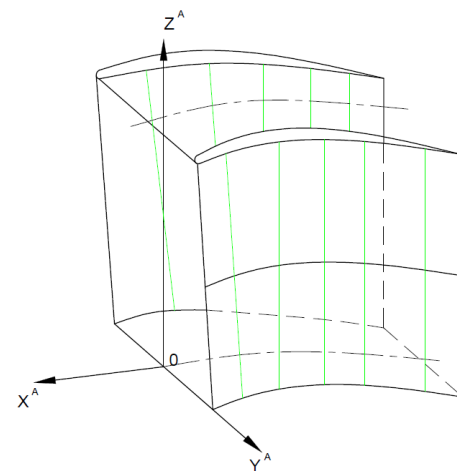
Из всех возможных прямоугольных аксонометрических проекций в инженерной практике применяют две: прямоугольную изометрическую проекцию и прямоугольную диметрическую проекцию.

Межлопаточный канал ограничен поверхностями спинки одной лопатки и корытца другой, снизу канал ограничен корневым сечением, а сверху – периферийным. За начальную точку отсчета следует принять входную точку на оси канала при входе потока. Строят плоский канал в этом сечении.

Аналогичную операцию повторяют и для периферийного сечения. На рис. 12 показан пример аксонометрического чертежа канала.

В нашем случае такой фигурой является межлопаточный канал. Он огра-

Рис. 12.



ничен поверхностью спинки (выпуклая часть профиля) и корытца (вогнутая часть профиля). Снизу канал ограничен корневым сечением, в середине – средним, а сверху – периферийным сечениями профиля [5, с. 81].

При пространственном изображении межлопаточного канала за начальную точку отсчета удобно принять точку на оси канала при входе потока: точку пересечения аксонометрических осей O^A (рис. 12).

В каждом из сечений строят среднюю линию профиля и пространственное изображение межлопаточного канала. На рис. 10 показана средняя линия в корневом сечении на плоскости, а на рис. 12 эта же линия – в пространстве.

При построении пространственного канала задача упрощена, так как рассматривается плоская решетка, то есть лопатки стоят на плоскости. Однако это не снижает ценности работы, так как приобретенные знания носят универсальный характер.

Выводы: Данная исследовательско-графическая практика способствует развитию профессиональных компетенций студентов младших курсов, помогает развивать межпредметные связи, в соответствии с современными образовательными стандартами. Студенты с самого начала обучения привлекаются к научно-исследовательской работе, что способствует раскрытию творческого потенциала учащихся и приводит к пониманию сложности и многофункциональности задач, с которыми столкнутся молодые специалисты в своей дальнейшей деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов Г.С. Теоретические основы начертательной геометрии / Г.С. Иванов. – М.: Машиностроение, 1998. – 157 с.
2. Ольховский Г.Г. Энергетические газотурбинные установки / Г.Г. Ольховский. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 282 с.
3. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя / Г. Шлихтинг. – М.: Наука, 1974. – 184 с.
4. Фролов С.А. Начертательная геометрия / С.А. Фролов. – М.: Машиностроение, 1978. – 181 с.
5. Шнез Я.И. Теория газовых турбин / Я.И. Шнез. – М.: Машиностроение, 1979. – 202 с.
6. Дейч М.Е. Техническая газодинамика / М.Е. Дейч. – М.: Энергия, 1974. – 115 с.
7. Стандарты ЕСКД. – М.: Стандартинформ, 2012. – 500 с.