



3D-моделирование и визуализация в дисциплине «Технология производства электрических машин»

Иванов Александр Сергеевич

Доцент каф. ЭМЭЭА НИУ «МЭИ», к.т.н.

Место дисциплины в учебном процессе



- Дисциплина - «Технология производства электрических машин»
- Образовательная программа «Электромеханическое преобразование энергии и методы его исследования» (магистратура)
- Направление 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
- Кафедра электромеханики, электрических и электронных аппаратов НИУ «МЭИ»
- 4 зачётные единицы, лекционные, практические занятия, экзамен



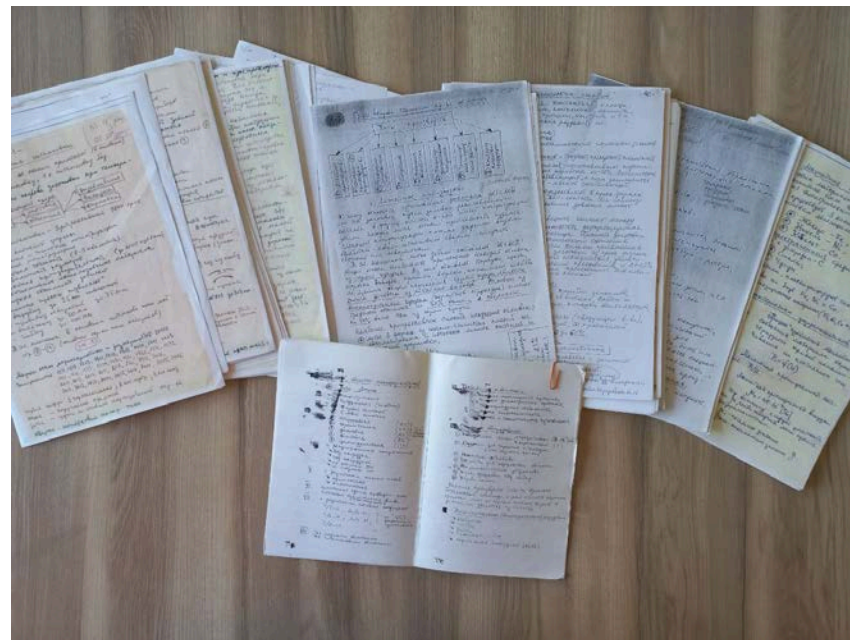
Дисциплина до 2019 года

2019 год – прежний лектор уходит на пенсию – назначение нового лектора
До 2019 года:

- Бумажные конспекты
- Скучная подача
- Отсутствие визуализации – *критично для дисциплины «Технология» (!)*

Итог: устаревший подход, слабая вовлеченность студентов, минимум понимания

Необходимость модернизации - **НОВЫЙ ВЫЗОВ!**



Переработка дисциплины

Конспекты переработаны в презентации

Добавлены иллюстрации, схемы, фотографии

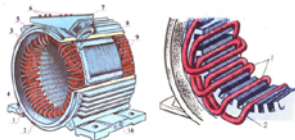
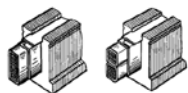
Используются видеоролики от производителей, ремонтных организаций и поставщиков, доступные на YouTube и позже на Rutube

Технология изготовления и укладки обмоток из круглого провода

Обмотка из круглого провода - машины до 60 кВт, напряжение до 660 В

Типовая технология включает в себя операции:

- изолировка пазов сердечника,
- намотка (образование витков и укладка их в пазы), *наиболее трудоемкая операция*
- заклинивание обмотки в пазах,
- прессование,
- осадка,
- формование и бандажирование лобовых частей,
- соединение схемы.



Иванов А.С. Технология производства ЭМ

Технология изготовления и укладки стержневых обмоток

Стержневые обмотки применяются в статорах крупных машин, роторах асинхронных машин с фазным ротором, якорях машин постоянного тока.

Стержневые обмотки в крупных генераторах состоят из стержней, концы которых соединяются при помощи пайки с обеих сторон сердечника. Каждый стержень представляет собой полувиток. Он состоит из большого числа отдельных проводников. Для уменьшения потерь на вихревые токи проводники перекладываются по длине статора. Для удобства перекладывания проводники располагают в пазу в два слоя по ширине паза, таким образом, каждый стержень состоит из двух полустержней в общей изоляции.



Рис. 17.1. Формы стержней обмотки (а) и пазов (б) обмотки.

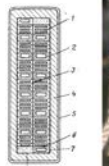


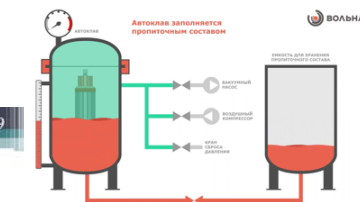
Рис. 17.2. Разрез лобовой части статора.



Иванов А.С. Технология производства ЭМ

Пропитка обмоток в вакууме и под давлением Технология VPI (вакуум-нагнетательный способ пропитки)

Суть способа – изделие помещают в автоклав, создают вакуум и, сохраняя его, подают в автоклав лак. Когда уровень лака станет выше изделий, создают давление. После снятия давления еще раз создают вакуум и только после этого извлекают изделие из автоклава. Отсутствие воздуха в изделии способствует глубокому проникновению лака в обмотку, а создание давления, после того как лак заполнил автоклав, способствует этому еще больше. Обмотка хорошо заполняется лаком.



<https://rutube.ru/video/db3fde2783f9d950459703db76e484a0a/?r=wd>

део: «Технология VPI_ концепция и описание процесса (ЗАО _Вольна_)»



Иванов А.С. Технология производства ЭМ

Внедрение 3d-моделирования

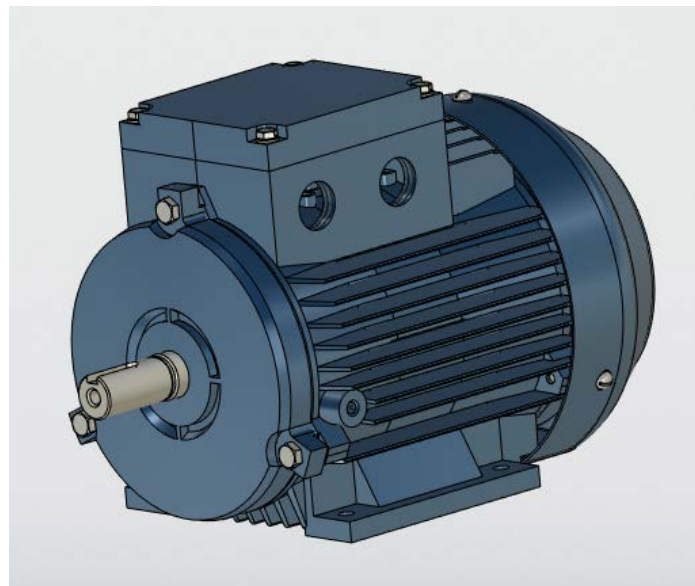
Переработка практических занятий: внедрение 3d-моделирования - создание модели электрической машины.

Положительный эффект: лучшее понимание конструкции, назначения деталей, связь конструкции с технологией производства.

На финальном этапе – анимация сборки/разборки и работы машины.

Решаемые задачи:

- 1) для студента - освоение программного продукта, пополнение собственного портфолио;
- 2) для кафедры - пополнение собственного архива 3d-моделей для дальнейшего использования в учебном процессе.



Исходные данные для моделирования

Источники: чертежи из кабинета проектирования МЭИ и архивы кафедры электромеханики, учебники по проектированию электрических машин.

ПО: Autodesk Fusion 360 (до 2022 г.),
T-FLEX CAD, КОМПАС 3D.



КОМПАС-3D

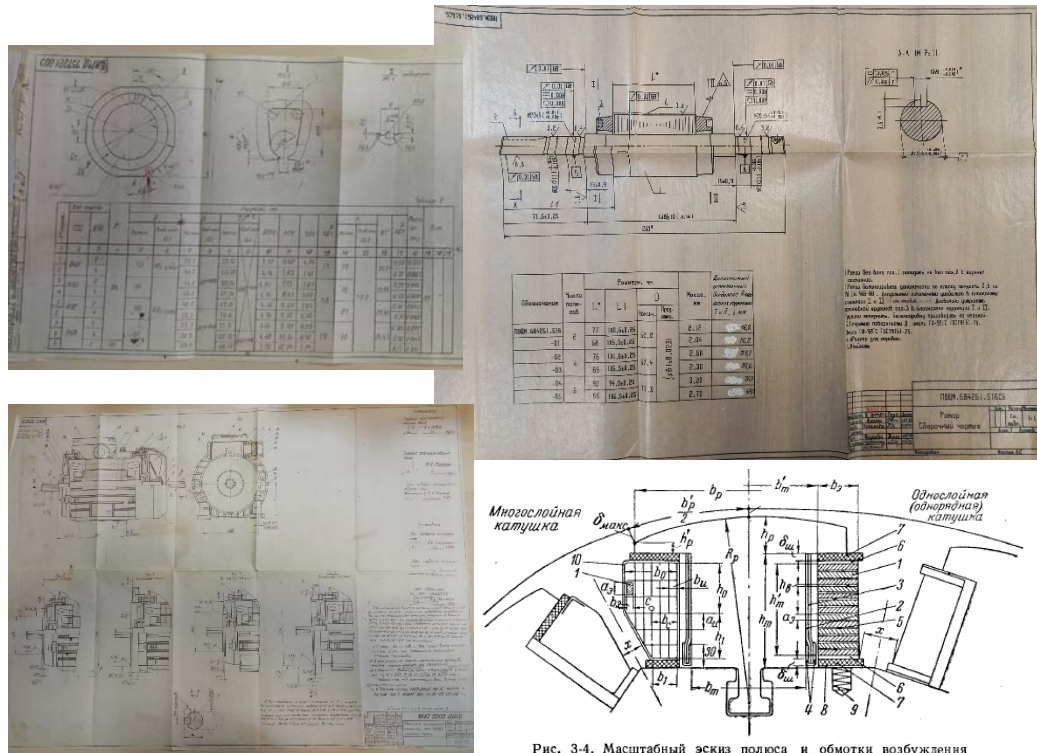


Рис. 3-4. Масштабный эскиз полюса и обмотки возбуждения

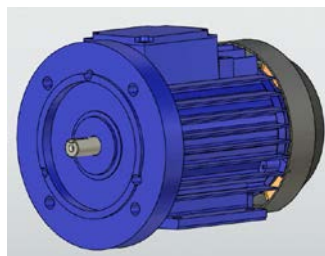
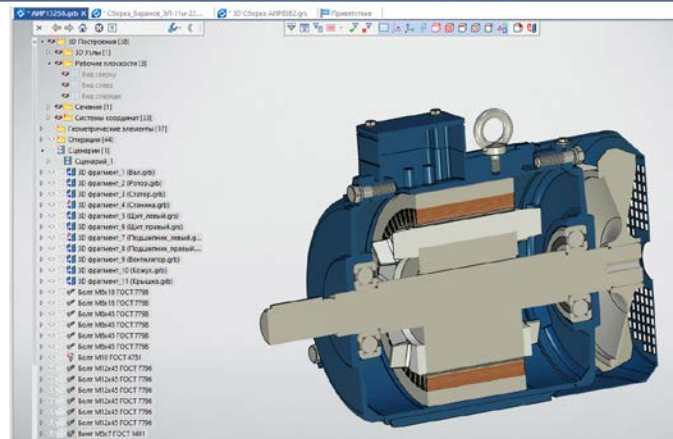
Результаты

Лучшее освоение материала,
возможность "прощупать" объект,
осознание сложности и важности работы
проектировщика, конструктора, технолога.
Положительные отзывы студентов.

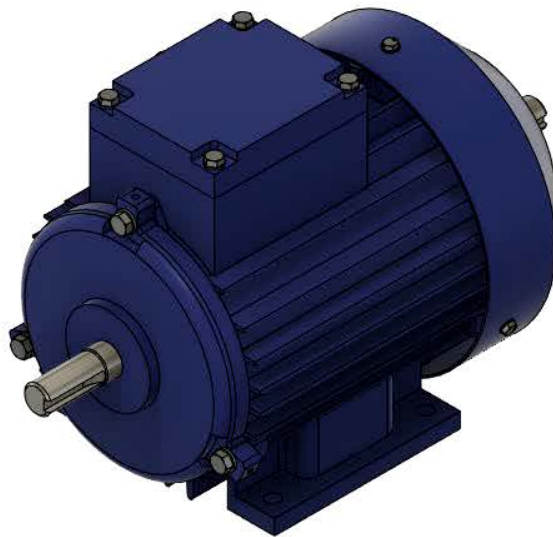
Для многих, особенно для поступивших из
регионов и иностранцев, работа с САПР –
первый опыт.

В итоге: 3d-модель и короткий
видеоролик.

С момента внедрения 3d-моделирования
обучение прошли 59 студентов из 5
учебных групп, включая 13 человек в
текущем семестре.

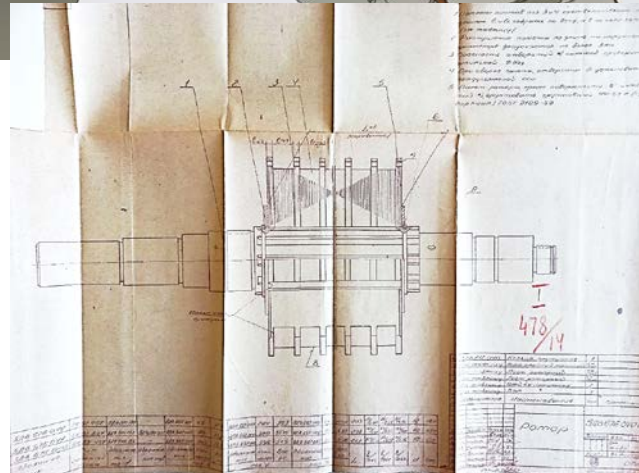
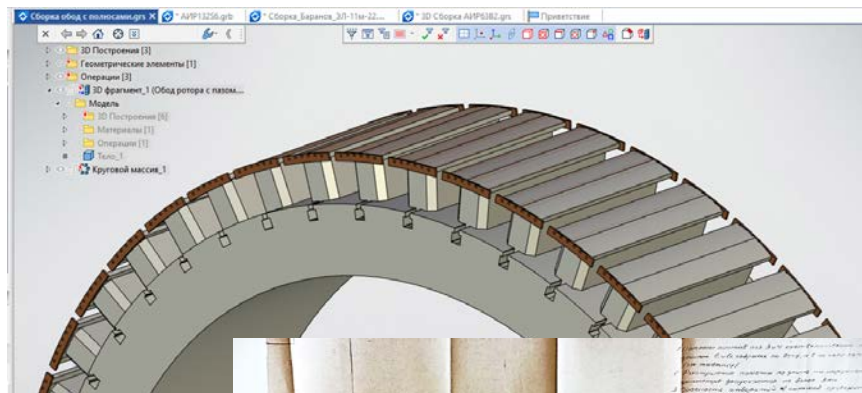


Результаты



Перспективы

Расширение линейки моделей за счёт использования чертежей машин других типов, включая турбо- и гидрогенераторы, обратное проектирование по реальным машинам.





Спасибо за внимание!

Иванов Александр Сергеевич, кафедра ЭМЭЭА НИУ «МЭИ»

ivanovals@mpei.ru