

2. **Иванцовская, И. Г.** Инженерное документирование изделий, имеющих резьбовые соединения: учебное пособие / И. Г. Иванцовская, Б. А. Касымбаев. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2020. – 176 с.
3. **Чудинов, А. В.** Инженерное документирование армированных и сварных изделий: учебное пособие / А. В. Чудинов, М. В. Иванцовский, Б. А. Касымбаев; под ред. Н. Г. Иванцовской – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016.– 244 с.
4. **Реан, А. А.** Психология и педагогика / А. А. Реан, Н. В. Бордовская, С. И. Розум. – СПб.: Питер, 2007. – 432 с.

УДК 004.94

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНЖЕНЕРНОЙ ГРАФИКИ

В. В. Князьков¹, канд. техн. наук, доцент,

Э. М. Фазлулин², канд. техн. наук, профессор

¹ *Нижегородский государственный технический университет
им. Р. Е. Алексеева (НГТУ), г. Нижний Новгород, Российская Федерация*

² *Московский политехнический университет, г. Москва,
Российская Федерация*

Ключевые слова: инженерная графика, 3D-печать, аддитивные технологии, моделирование поверхности.

В работе рассмотрена методика проектирования поверхности катера, предусматривающая использование фотографий и рисунков для быстрого прототипирования, то есть быстрого создания геометрической модели изделия для дальнейшей доводки.

Переход на широкомасштабное трехмерное проектирование изделий машиностроения с применением систем автоматизированного проектирования (САПР) в промышленности находит свое отражение и на процессе обучения студентов технических вузов. Вряд ли найдется сейчас направление подготовки бакалавров, магистров или специалистов, в рабочих программах которых отсутствуют дисциплины, связанные с геометрическим моделированием и современными информационными технологиями.

При изучении классических дисциплин инженерной подготовки, к которым относится, например, дисциплина «Инженерная графика», все большее количество учебных заведений в настоящее время применяют 3D-принтеры, которые становятся такими же привычными и распространенными, как и персональные компьютеры. Аддитивные технологии, кроме дополнительной мотивации учебного процесса, способствуют развитию у студентов пространственного мышления. С помощью 3D-оборудования студенты уже на младших курсах знакомятся с новыми методами разработки деталей, развивают свои дизайнерские способности. А бытовое применение 3D-печати также делает процесс изучения инженерной графики более привлекательным.

Проектирование нового изделия – процесс длительный и трудоемкий, и, как правило, состоящий из нескольких этапов. Наличие прототипа и применение трехмерного компьютерного моделирования заметно упрощает и ускоряет процесс проектирования таких сложных инженерных сооружений, к которым относятся корабль, самолет или автомобиль. Проблема получения первого компьютерного образа таких сооружений и даже отдельных их деталей сложной формы сканированием по-прежнему существует, а в рамках учебного процесса сканирование таких объектов по целому ряду причин трудно организовать. Здесь решающую роль играют не столько высокая стоимость 3D-сканеров и достаточно большая трудоемкость получения трехмерной модели объекта (по сравнению с 3D-печатью), как их размеры.

Методика проектирования кузова автомобиля на основе технического рисунка с использованием SolidWorks была рассмотрена в работе [1]. Однако далеко не все современные студенты уверенно владеют карандашом и навыками технического рисования.

В системе SolidWorks также имеется возможность моделирования деталей и изделий практически любой степени сложности с помощью фотографий объекта, который используется в качестве прототипа. В качестве примера на рисунках 1–3 приведены основные этапы моделирования поверхности катера на подводных крыльях.

После создания вспомогательных плоскостей, определяющих габариты будущего катера, в файл детали вставляется фотография прототипа, которая надлежащим образом форматируется под нужные размеры (см. рисунок 1а).

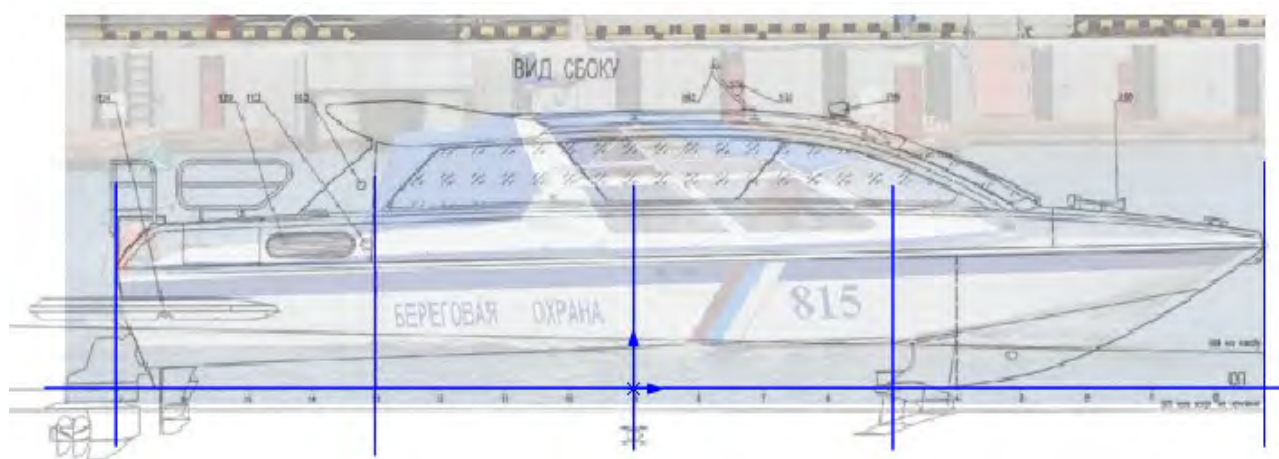
При наличии чертежей судна-прототипа на следующем этапе можно добавить необходимые его проекции на соответствующие их положению плоскости (см. рисунок 1б, в).

Формирование поверхности корпуса начинается с построения базовых кривых теоретического чертежа: диаметрального батокса, мидель-шпангоута и конструктивной ватерлинии. Это плоские кривые и их построение с помощью сплайнов не вызывает особого труда, например, эскиз форштевня (рисунок 2а).

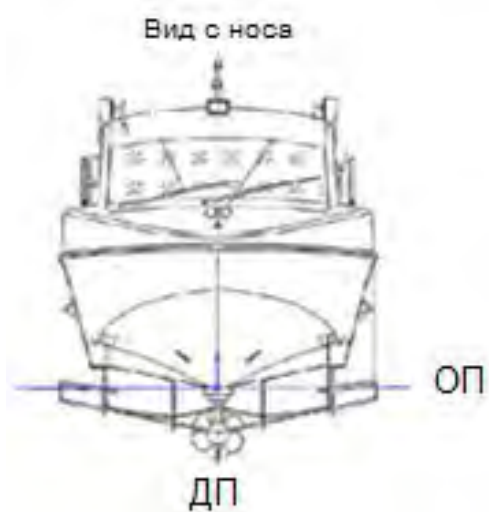
Со ссылкой на учебно-методическое пособие [2] в 2018 г. был запатентован способ построения трехмерной поверхности корпуса судна. Вероятно, автор данного изобретения плохо знаком с командами и возможностями SolidWorks. Для построения трехмерных кривых (при наличии погни палубы это бортовая линия палубы, линия скулы, линия примыкания скега к корпусу и т. п.) не требуется ничего изобретать. Все эти трехмерные кривые достаточно просто и точно можно построить по их проекциям на основные плоскости. На рисунке 2б, в, г показано построение носового участка скулы катера с помощью команды «Спроецировать кривую» (тип проекции «Эскиз в эскизе»). Предварительно были построены на горизонтальной плоскости (ОП) и вертикальной плоскости (ДП) эскизы этих проекций.



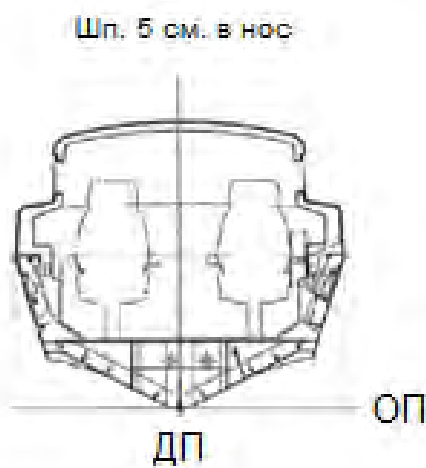
a)



б)



в)



г)

Рисунок 1 – Подготовительные этапы моделирования поверхности катера с использованием фотографий и рисунков прототипа

Для построения поверхности можно использовать команды «Поверхность по сечениям» и «Поверхность границы». Элемент граничной поверхности позволяет создавать касательные поверхности или поверхности с постоянной кривизной в обоих направлениях (все стороны поверхности). В большинстве случаев это обеспечивает более высокое качество, чем при использовании инструмента элемента по сечениям. В качестве кривых используются эскизы шпангоутов и ватерлиний, при необходимости в местах резких изменений формы корпуса – батоксы. Важным моментом при моделировании сложных поверхностей является разбиение всей поверхности объекта на отдельные участки. Границами этих участков следует выбирать места резких изменения формы поверхности, ее сломы (рисунок 3).

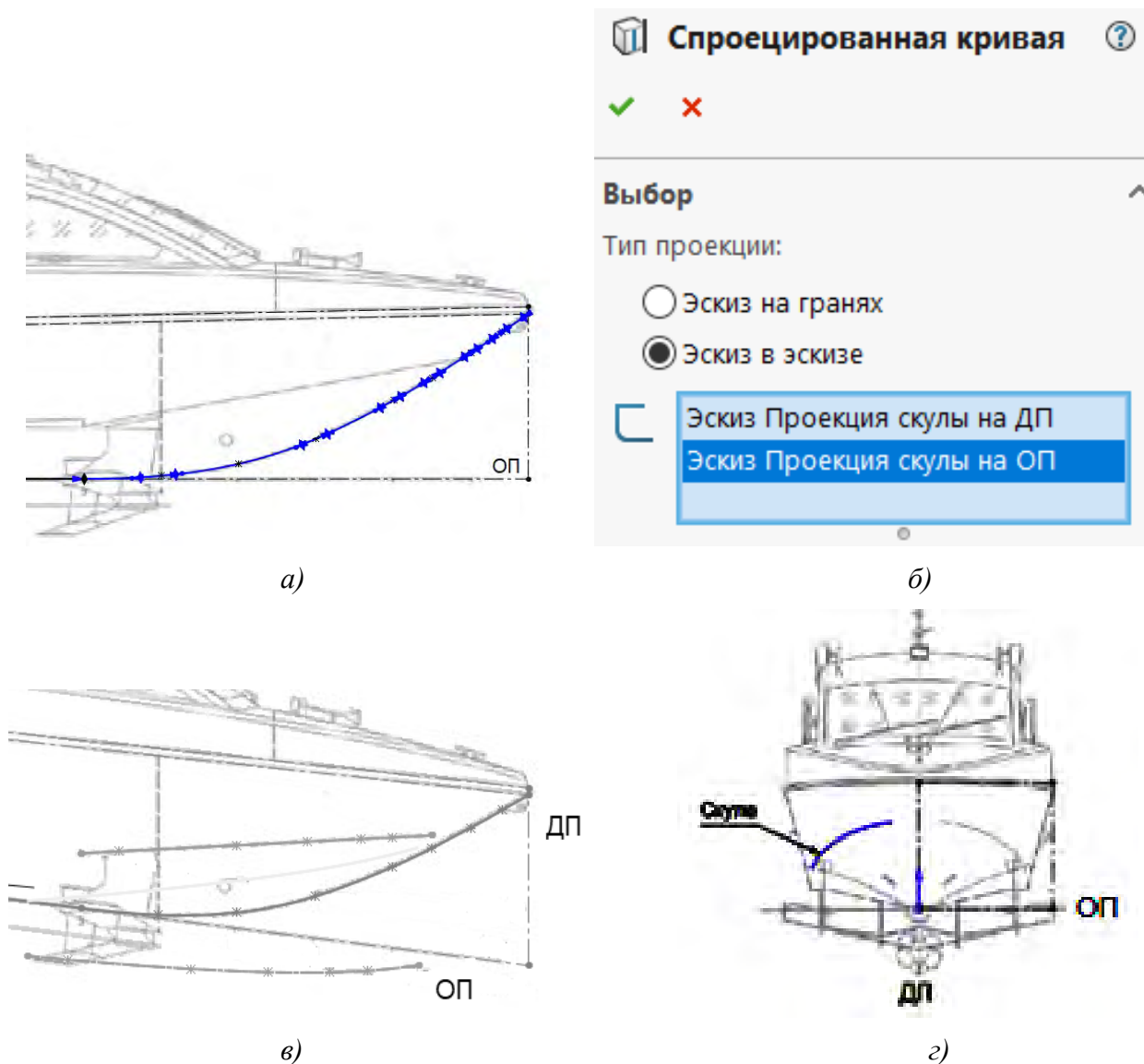
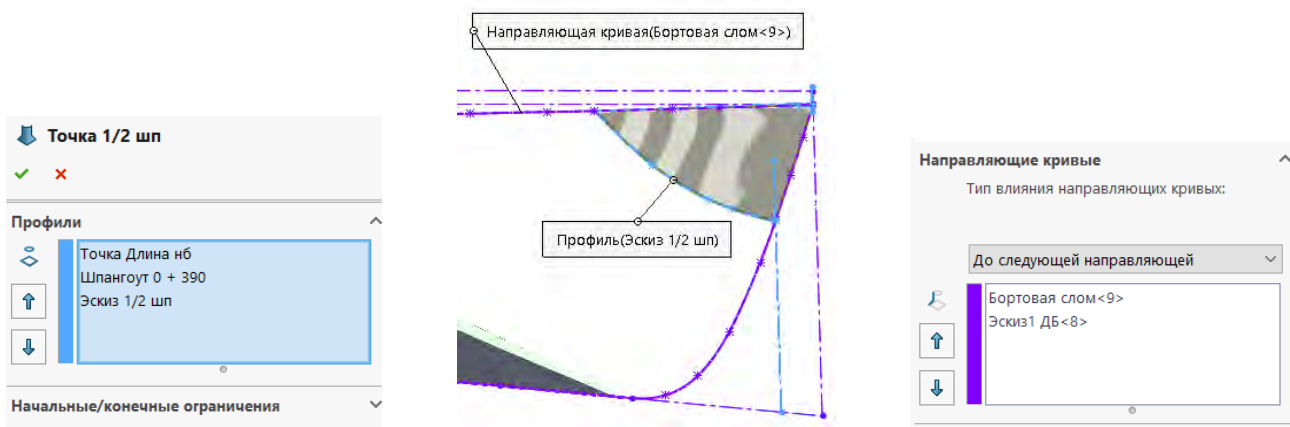
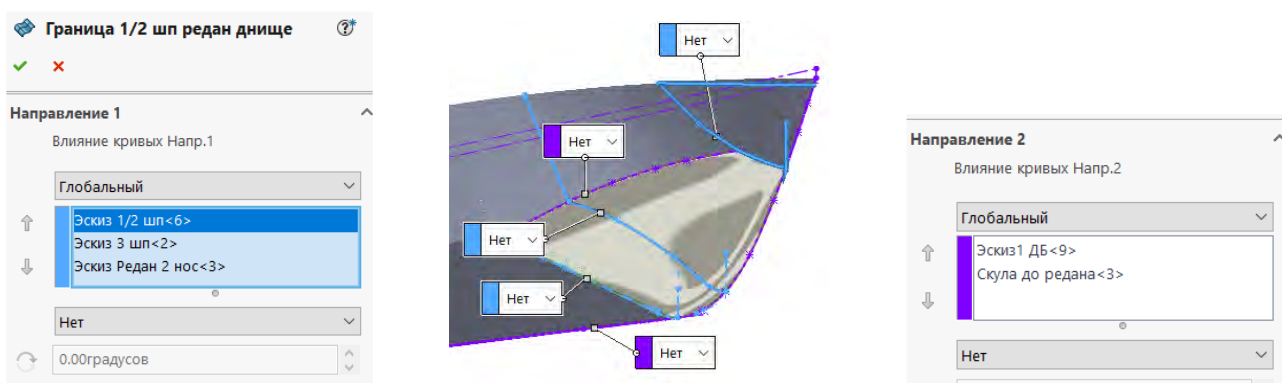


Рисунок 2 – Пример построения плоского эскиза (а) и трехмерной кривой (б, в, г)



а)



б)

а – команда «Поверхность по сечениям»; б – команда «Поверхность границы»
 Рисунок 3 – Примеры построения участков поверхности носовой части катера

Отдельные участки судовой поверхности можно построить с помощью команд «Плоская поверхность» и «Вытянутая поверхность». Редактирование (изменение) участков поверхности выполнено с помощью команд «Скругление», «Удлинить поверхность», «Отсечь поверхность». Результат моделирования поверхности приведен на рисунке 4.

Подробно способы построения поверхности и другие вопросы моделирования в SolidWorks рассмотрены в [3].

Поверхности в SolidWorks представляют собой элемент нулевой толщины. Поэтому для 3D-печати полученной модели требуется переход к твердому телу (тонкостенная конструкция). Поскольку SolidWorks – это гибридный программный комплекс, то для относительно простых поверхностей переход от поверхности к твердому телу особых проблем не вызывает. Это можно выполнить, например, с помощью команды «Придать толщину» (Вставка → Бобышка / Основание → Придать толщину). Однако для судовых обводов (если рассматривать всю поверхность корпуса, а не отдельные ее участки) эта команда, как правило, не выполняется.

При наличии замкнутого объема команда «*Сшить поверхности*», объединяющая смежные непересекающиеся поверхности, также позволяет получить твердое тело (данный способ используется в рассматриваемом примере).

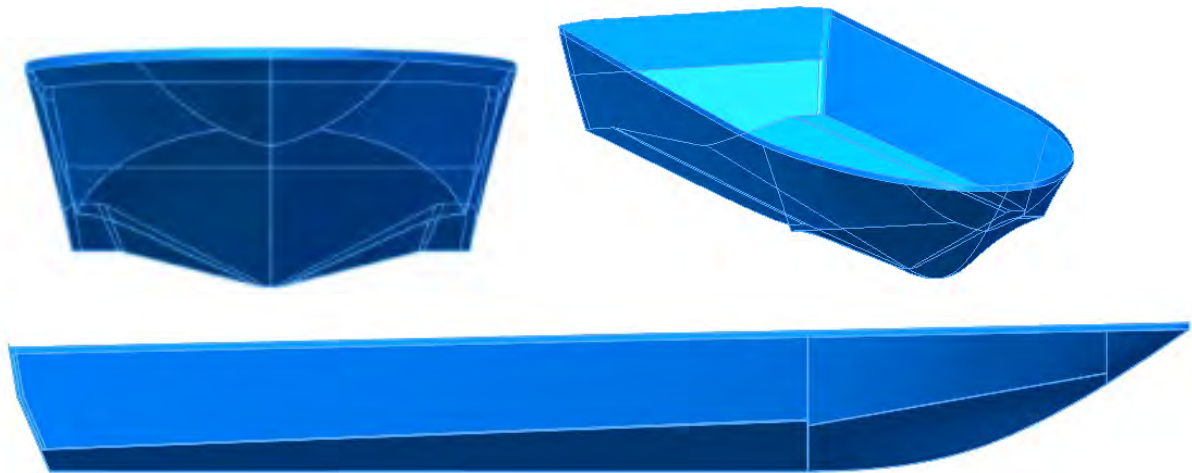
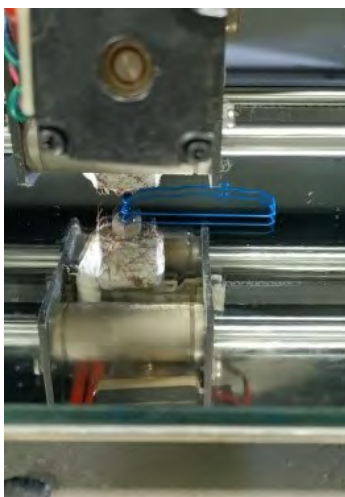


Рисунок 4 – Модель поверхности корпуса катера

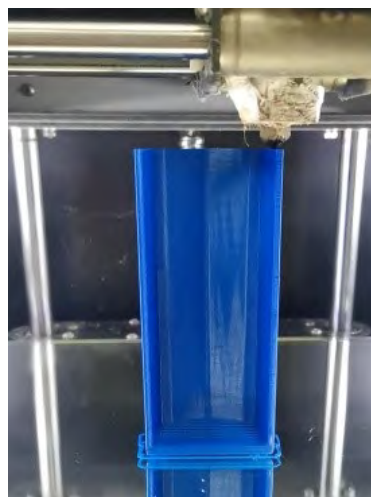
Твердотельную модель катера для ее печати необходимо уменьшить до размера рабочего поля печати принтера (команда «*Масштаб*»). Например, у принтера Picaso 3D Designer размер рабочего поля печати составляет 200×200×210 мм.

Команда «*Оболочка*» из-за сложной поверхности корпуса также не позволяет получить тонкостенную конструкцию. Желаемый результат модели катера, необходимой для печати, достигнут с помощью команды «*Отступ*» (вытесняет твердотельную модель другой твердотельной моделью).

На рисунке 5 показана печать модели катера, отмасштабированной с учетом рабочего поля печати принтера; на рисунке 6 – результат печати модели.



а)



б)



в)

Рисунок 5 – Печать модели корпуса катера



Рисунок 6 – Твёрдотельная модель (оболочка) корпуса катера

Список литературы

1. **Князьков, В. В.** Моделирование поверхности кузова автомобиля в SolidWorks с использованием технического рисунка / В. В. Князьков, П. В. Колчин, Э. М. Фазлулин // Известия МГТУ МАМИ. – 2013. – Т. 2, № 4 (18). – С. 400–404.
2. Инструкция и методические указания к РГР по дисциплине "Геометрическое моделирование" для студентов дневной формы обучения института транспортных систем по направлению 26.03.02 "Кораблестроение, океанотехника и системотехника объектов морской инфраструктуры" / НГТУ им. Р. Е. Алексеева; сост.: В. В. Князьков. – Н. Новгород, 2018. – 16 с.
3. **Князьков, В. В.** SolidWorks. Проектирование судов: учеб. пособие / В. В. Князьков; НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2018. – 228 с.

УДК 514.18

ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ТОЧЕЧНОЙ ГЕОМЕТРИИ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС ДОННАСА

Е. В. Конопацкий, д-р техн. наук, профессор,

А. И. Бумага, канд. техн. наук, доцент,

О. С. Воронова, канд. техн. наук, доцент,

А. А. Крысько, канд. техн. наук, доцент,

О. А. Чернышева, канд. техн. наук, доцент

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
г. Макеевка, Донецкая Народная Республика*

Ключевые слова: точечное исчисление, конструирование пирамиды, точка выхода из плоскости, параллельный перенос, ДОННАСА.