

Программные системы и комплексы

УДК 658.5.012.011.56

DOI:10.25729/ESI.2025.40.4.014

Совершенствование методов подбора САПР при разработке цифровой модели объекта

Говорков Алексей Сергеевич, Короткова Ксения Евгеньевна

Иркутский национальный исследовательский технический университет,

Россия, Иркутск, *govorkov_as@ex.istu.edu*

Аннотация: Система автоматизированного проектирования (САПР), применяемая на предприятии для создания цифровой модели сооружений или изделий, представляет собой совокупность нескольких программных продуктов, каждый из которых определяет строго определенные функции в составе производственной системы предприятия.

Рациональный выбор САПР начинается на этапе подготовки к созданию цифровой модели. Выбор должен учитывать программное обеспечение (ПО), необходимое для 3D-моделирования готового объекта, а также конечное ПО, предназначенное для вывода всего комплекта проектной документации на печать, либо для формирования электронного комплекта документации для отправки заказчику.

В условиях санкций иностранных государств необходимо взвешенно подходить к выбору программных продуктов, учитывая все их особенности, преимущества и функциональность. Кроме того, необходимо рассматривать возможность организации технической поддержки этих программных продуктов, а также их адаптацию к тому отечественному ПО, которое используется для составления вспомогательных документов, входящих в комплект проектной документации.

Для эффективной организации работ между отдельным ПО с целью возможности его взаимодействия друг с другом, необходимо разработать методику, которая бы позволила снизить время взаимодействия и реализовать механизмы взаимодействия. Эти механизмы предусматривают передачу информации из одного программного комплекса в другой с целью обработки информации и автоматического формирования дополнительных документов (смет, ведомостей объемов работ, спецификаций и т.д.).

В связи с этим, весьма актуальной является разработка нового метода подбора САПР и формирования основных принципов передачи информации.

Ключевые слова: программное обеспечение, совместимость, граф, база данных, функциональность, метод

Цитирование: Говорков А.С. Совершенствование методов подбора САПР при разработке цифровой модели объекта / А.С. Говорков, К.Е. Короткова // Информационные и математические технологии в науке и управлении, 2025. – № 4(40). – С.175-186. – DOI:10.25729/ESI.2025.40.4.014.

Введение. Проектные компании и предприятия по производству различной продукции используют различное программное обеспечение, которое позволяет выполнять следующие функции:

- 1) разрабатывать проектную и конструкторскую документацию;
- 2) осуществлять работу с базами данных оборудования, изделий и материалов;
- 3) производить сметные расчеты и расчеты объемов работ;
- 4) разрабатывать дорожные карты проекта;
- 5) составлять договора с контрагентами;
- 6) рассматривать документацию на оборудование сторонних поставщиков;
- 7) хранить проектную и конструкторскую документацию.

Длительное время, начиная с конца 90-х годов XX века, когда на российских предприятиях стали постепенно внедряться информационные технологии, работа осуществлялась с использованием зарубежного ПО. Проектные компании использовали программные продукты Autodesk, которые отвечали всем требованиям и обладали высокой функциональностью. На тот период подобные программные продукты отечественного производства полностью отсутствовали.

Исторические предпосылки использования зарубежного программного обеспечения в крупных проектных компаниях нашей страны были обусловлены полным отсутствием отечественных разработок в этом сегменте на конец 90-х годов XX века. На тот момент все компании стали переходить на автоматизированное проектирование, которое позволяло повысить конкурентоспособность на внутреннем и международном рынках, снизить время на разработку проектной документации, повысить производительность труда.

В течение почти 25 лет ситуация не менялась. В результате в проектных компаниях сформировался штат высококвалифицированных сотрудников, которые имеют опыт работы с зарубежным ПО, полностью удовлетворяющим потребности проектировщиков. Кроме того, благодаря силам своих сотрудников, либо за счет сторонних услуг за это время произошла интеграция зарубежного ПО в отечественные программные продукты. Были разработаны многочисленные программы-связки, которые позволяют передать данные из одного вида ПО в другой в автоматическом режиме. При этом результаты, полученные в одном программном продукте, являются исходными данными для другого продукта [1].

Подобная налаженная система проектирования была характерна для предприятий нефтегазовой отрасли, авиастроения, ракетно-космической техники, которые осуществляют процесс проектирования, начиная от отдельного элемента и заканчивая сложными многофункциональными устройствами, в состав которых может входить до нескольких тысяч отдельных элементов [2].

В течение четверти века используемое для проектирования ПО периодически заменялось на новые версии, осуществлялась техническая поддержка клиентов, проводилось обучение новых сотрудников работе с опробованными программными продуктами и адаптация их к потребностям отдельных предприятий и компаний. Подобная практика показывала высокую эффективность, которая заключалась в наработке каждой компанией бесценного опыта, составлении баз данных отдельного проекта и единой базы данных предприятия.

Однако, в начале 2022 года возникли определенные трудности в использовании зарубежного ПО, так как многие западные компании стали прекращать свою работу в нашей стране. Прекратились обновление ПО и его техническая поддержка, стало невозможным проведение периодического обучения сотрудников компаний [3, 4].

В связи с этим у проектных компаний возникли значительные сложности с работой в условиях санкций иностранных государств, поэтому в настоящее время, чтобы сохранять высокий темп работ, оставаться конкурентоспособными на рынке, развивать проектную деятельность, необходимо вести разработку методов, которые позволят эффективно использовать совокупность нескольких программных продуктов. В статье делается попытка предложить методологический подход к решению этой проблемы, основанный на использовании теории графов.

Проблемы использования зарубежных и отечественных САПР. На всех предприятиях, осуществляющих проектирование в различных областях промышленности, большой проблемой является использование зарубежных и отечественных САПР.

К проблемам использования САПР иностранного производства относятся [5-8]:

- прекращение технической поддержки и обновления ПО в связи с санкциями иностранных государств;
- перевод на законодательном уровне некоторых предприятий на отечественное ПО;
- невозможность организации совместной работы иностранного ПО с отечественными программными продуктами («Гранд-смета», программами платформы «1С» и других);

- отсутствие возможности проектирования и использования в проектировании деталей, выпускаемых по ГОСТ, ТУ, ОСТ и другим нормативным документам, действующим на территории РФ.

Существенными преимуществами САПР иностранного производства являются [9-12]:

- 1) широкая функциональность;
- 2) наличие в компаниях хорошо обученного персонала, имеющего опыт работы с программными продуктами иностранного производства;
- 3) возможность доработки ПО под специальные требования компании (при необходимости) и высокий уровень приспособленности ПО для этих целей;
- 4) отлаженные системы автоматизированного проектирования, связанные с внутренними корпоративными сетями;
- 5) большие объемы баз данных (БД), созданных на основе иностранного ПО и интегрированные в его состав.

В отличие от программных продуктов иностранного производства, отечественные САПР имеют ряд существенных недостатков:

- 1) ограниченная функциональность при проектировании сложных изделий, узлов и агрегатов;
- 2) отсутствие или ограничение использования в рамках одного программного продукта расчетных пакетов, позволяющих осуществлять прочностные, термические, геометрические расчеты проектируемых изделий;
- 3) необходимость разработки специализированных модулей для передачи данных в ПО, формирующее ведомости объемов работ, сметы, спецификации;
- 4) невозможность использования системы координат в программных комплексах, используемых для разработки изделий авиастроения и машиностроения.

Решение указанных выше проблем, как правило, выполняется в рамках одного предприятия силами специалистов отдела Информационных технологий. Как правило, самостоятельное решение вопросов по расширению функциональности САПР занимает большое количество времени и трудовых ресурсов, что снижает эффективность работ по проектированию новых изделий [13]. Для продолжения работы с ПО иностранного производства требуется разработка специализированных подходов, которые обеспечивают его работоспособность и возможность взаимодействия с базами данных, которые (в настоящее время) уже интегрированы в это ПО в виду его длительного использования во многих компаниях, осуществляющих свою работу в области машиностроения и авиастроения [14].

В связи с этим, при планировании производства новых видов авиационной техники необходимо разработать оптимальный подход к выбору программного обеспечения, с учетом новых вызовов, которые накладывают на эту область санкции иностранных государств.

Требования к новому методологическому подходу (на примере проектирования авиационной техники). При разработке новых видов продукции, которые требуют использования ПО для конструирования, проведения различных видов расчетов, разработки 3D моделей, необходимо сформировать инновационный методологический подход к выбору САПР, который бы отвечал следующим требованиям [15, 16]:

- использование универсального ПО, доступное к закупке на внутреннем рынке и отвечающее всем требованиям пользователей;
- учет всех требований пользователей, которые применяют ПО для проектирования;
- обеспечение совместимости этого ПО с программными продуктами, предназначенными для составления сводных сметных расчетов, формирования ведомостей объемов работ, спецификаций и ведомостей материалов;

- соответствие требованиям политики компании в этой области.

На рисунке 1 приведены этапы процесса проектирования авиационной техники – воздушного судна МС-21.

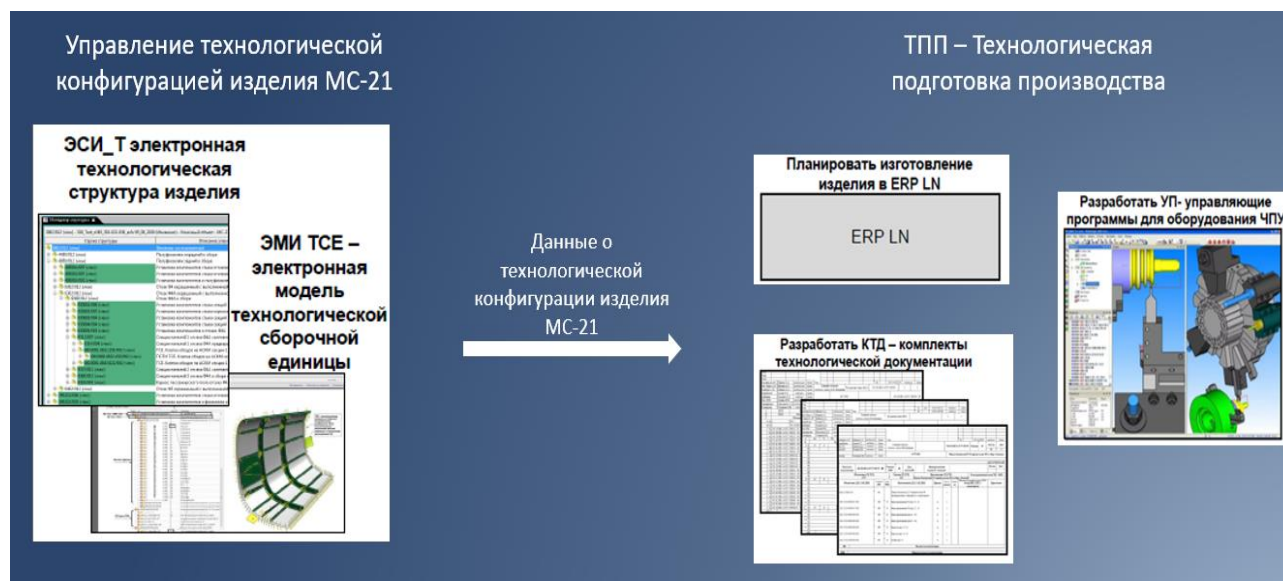


Рис.1. Этапы процесса проектирования авиационной техники

Вначале выполняется формирование технологической конфигурации изделия. Для этого используются различные программные продукты, в которых осуществляется отрисовка отдельных деталей, элементов, узлов, агрегатов. Кроме того, эти программные продукты осуществляют обращение к БД проекта, в которой содержится вся информация о каждом элементе воздушного судна. При этом, следует отметить, что каждый из программных продуктов должен иметь возможность обращения к этой базе данных.

После формирования технологической конфигурации изделия осуществляется передача данных о ней в специализированное ПО, которое позволяет осуществлять:

- планирование процесса производства;
- разработку «дорожной карты» проекта;
- разработку конструкторской и технологической документации;
- комплектацию проекта;
- разработку управляющих программ для работы технологического оборудования, которое будет использовано для изготовления отдельных элементов готового изделия;
- контроль готовой продукции, начиная от отдельного элемента и заканчивая испытаниями воздушного судна.

Каждый из этапов процесса проектирования воздушного судна представляет собой совокупность отдельных подэтапов. Они представляют собой совокупность различных действий сотрудников, занятых в процессе проектирования, и направленных на создание, в конечном итоге, сложного изделия, состоящего из отдельных элементов.

При этом, для реализации подэтапов процесса проектирования используется различное ПО, предназначенное для:

- отрисовки 2D и 3D чертежей элементов, узлов, агрегатов, систем;
- составления спецификаций;
- разработки опросных листов на оборудование;
- составления ведомостей объемов работ;
- проведения технологических, гидравлических, прочностных, сметных расчетов;

- осуществления операций контроля качества цифровой модели готового изделия;
- передачи проектной документации в производство;
- разработки программ для работы станков и технологического оборудования для обработки деталей.

Все эти подэтапы требуют использования ПО, которое в большей или меньшей степени позволяет достичь указанных выше результатов с учетом увеличения производительности труда и снижения времени, затрачиваемого на реализацию каждого из этих подэтапов.

Предлагаемый методологический подход к рациональному выбору ПО. Для решения поставленной задачи был разработан методологический подход к рациональному выбору ПО. Предложенный подход позволяет выбрать наиболее эффективное ПО, которое, кроме того, способно взаимодействовать с другими программными продуктами путем передачи либо анализа данных. На рисунке 2 приведены основные положения методологического подхода к выбору ПО.

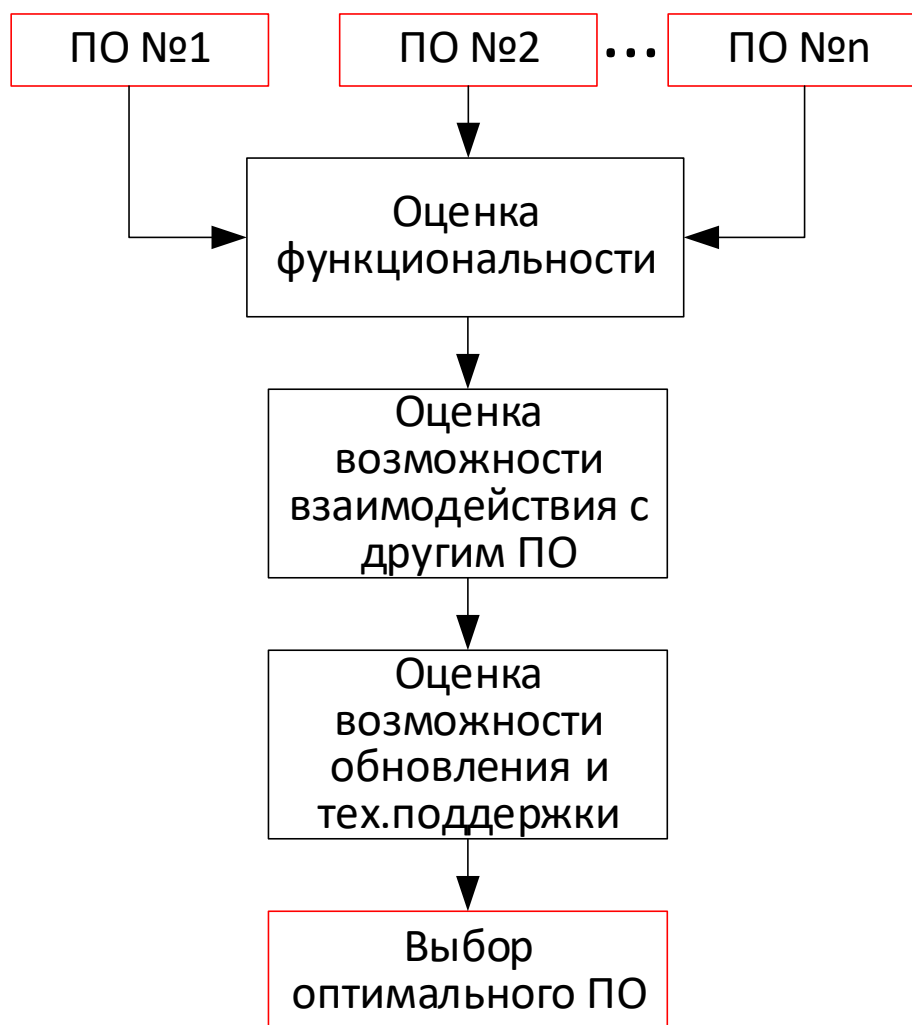


Рис. 2. Схема методологического подхода к выбору программного обеспечения

Для выбора ПО необходимо руководствоваться, прежде всего, его функциональностью, т.е. способностью, либо неспособностью обеспечить все потребности пользователей. Основным критерием выбора ПО при разработке 3D-модели является выполнение следующих требований:

- 1) возможность использования БД проекта с трехмерным изображением;
- 2) обеспечение необходимой при проектировании системы координат, которая используется для размещения в узле или агрегате отдельных деталей;

- 3) возможность отрисовки 3D-деталей и изделий;
- 4) возможность использования расчетных программ при проектировании изделий и их интеграция в графические САПР.

Если ПО отвечает этим требованиям, то выполняется оценка выбранного ПО по возможности передачи данных из разработанной в нем цифровой модели в ПО, которое используется для выпуска дополнительной документации. К такой документации относятся: ведомости объемов работ; технологические карты; сметные расчеты; спецификации оборудования, изделий и материалов; кабельные журналы; ведомости трубопроводов; ведомости теплоизоляции; ведомости кабелей электрообогрева. Вся эта документация формируется автоматически на основе данных, получаемых из 3D-модели. При любых изменениях цифровой модели изделия автоматически происходит изменение указанных выше документов, но это возможно лишь в том случае, если ПО, предназначенное для 3D-проектирования, совместимо с программными продуктами, которые осуществляют генерацию этих вспомогательных документов. Таким образом, выбор всех САПР должен происходить с учетом условий, проиллюстрированных на рисунке 3. Выбор САПР рекомендуется выполнять, осуществляя комплексное использование нескольких программных продуктов, которые совместимы друг с другом.

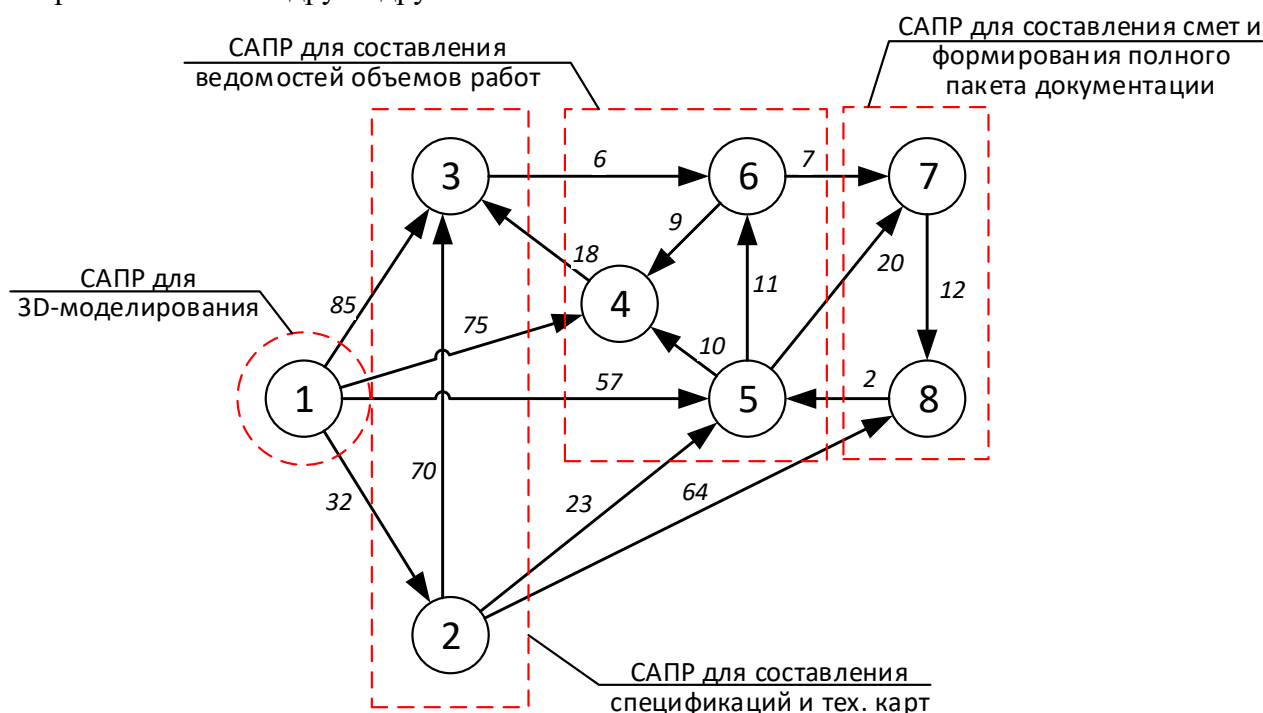


Рис. 3. Граф взаимодействия ПО между собой

Метод графов как основа предложенного подхода. Для эффективного выбора САПР предлагается использовать метод графов. Этот метод позволяет выделить наиболее эффективные пути взаимодействия между отдельными САПР. Метод графов используется в связи с тем, что позволяет проводить анализ сложных систем. Графы обеспечивают возможность вскрыть закономерности и паттерны в данных, за счет этого повышается эффективность проведения анализа сложных систем.

Применительно к проблеме анализа САПР можно отметить, что отдельный программный продукт, входящий в САПР предприятия, является локальной системой управления и обработки данных. Эта сложная система, которая использует в своей работе не только библиотеки, предусмотренные разработчиками, но и базы данных проектной

компании, должна быть подвергнута тщательному анализу для оценки ее эффективности и возможности взаимодействия с другими программными продуктами.

Рассмотрим граф, узлы (вершины) которого обозначают отдельное ПО, взаимодействующее с основным ПО, в котором осуществляется разработка 3D-модели изделия. Разработка 3D-модели представляет собой сложный комплекс проектных работ, который предусматривает использование, пополнение и выбор элементов из БД, отрисовку отдельных деталей, узлов и агрегатов, интеграцию их в единую модель и проверку этой модели на коллизии, соответствие техническому заданию, соответствие нормативной документации и техническим условиям.

Для графа, представленного на рисунке 3, пути взаимодействия между его отдельными элементами показаны стрелками. Те узлы, которые между собой не соединяются, обозначают виды ПО, между которыми взаимодействие не предусмотрено. Цифры, указанные над стрелками, показывают время (в минутах), необходимое пользователю для настройки процесса передачи информации из одного ПО в другое. Таким образом, с использованием такого инструмента, как граф, пользователь может выбрать кратчайший путь между начальной и конечной вершинами, который характеризуется минимальным временем для настройки ПО с целью разработки всей 3D-модели изделия.

Под номером 1 на рисунке 3 указано ПО, в котором непосредственно осуществляется разработка цифровой модели. Под номером 8 указано специализированное ПО, которое формирует общий пакет готовой проектной документации. В этот пакет входят как 3D-чертежи изделия, так и вся сопроводительная документация, которая описана выше и по которой осуществляется производство всех узлов и агрегатов.

Между ПО №1 и ПО №8 находятся средства автоматизированного проектирования (программные продукты и программные комплексы), которые в большей или меньшей степени эффективны при взаимодействии как с ПО №1, №8, так и между собой. С использованием теории графов, на основании алгоритма Дейстры [17] проведем расчет кратчайшего (наиболее эффективного пути) передачи информации от ПО №1 к ПО №8.

Использование алгоритма Дейстры позволяет определить самый короткий путь от вершины №1 до всех остальных вершин. Сущность алгоритма состоит в присвоении вершинам графа временных меток, которые по некоторым правилам заменяются на постоянные метки. Ниже в расчете графа используются следующие обозначения:

- $L^*(x_i)$ – постоянная метка вершины;
- $L^H(x_i)$ – новая временная метка вершины;
- $L^C(x_i)$ – старая временная метка вершины;
- R_{ij} – весовой коэффициент, показывающий степень эффективности взаимодействия между отдельными вершинами x_i и x_j (то есть между отдельными программными продуктами).

Расчет новой временной метки производится по формуле [18]:

$$L^H(x_j) = \min[L^C(x_i), R_{ij} + L^*(x_i)] \quad (1)$$

По результатам расчетов из нескольких временных меток выбираем минимальную, которая затем принимается как постоянная метка. Расчеты проводятся до тех пор, пока не будут определены все постоянные метки для всех узлов графа, которые в нашем случае символизируют ПО. Результаты расчетов заносятся в отдельную таблицу. В ее предпоследний столбец вписываются вершины, для которых уже рассчитана постоянная метка. В последний столбец вносятся величина этой метки для каждого расчетного шага.

На этапе №1 расчета принимаем, что начальная вершина №1 (или x_1) имеет постоянную метку $L^*(x_1)=0$, остальным вершинам присвоена временная метка равная ∞ .

На этапе №2 рассчитывается множество значений для вершины $U(x_1)$:

$$U(x_1) = \{x_3, x_4, x_5, x_2\} \quad (2)$$

Затем производим перерасчет их временных меток по формуле (1). Тогда получаем:

$$L^H(x_3) = 85$$

$$L^H(x_4) = 75$$

$$L^H(x_5) = 57$$

$$L^H(x_2) = 32$$

Теперь выбираем вершины x_2 , которая имеет минимальную временную метку, равную 32. Эта вершина получает постоянную метку:

$$L^*(x_2) = 32$$

Этап №3 предусматривает определение множества последователей узла графа

$U(x_2) = \{x_3, x_5, x_8\}$. Затем производим пересчет их временных меток по следующей формуле:

$$L^H(x_3) = \min\{85, 32 + 70\} = 85$$

$$L^H(x_5) = \min\{57, 32 + 23\} = 55$$

$$L^H(x_8) = 32 + 64 = 96$$

По результатам расчетов выбираем вершину x_5 , которая имеет минимальную временную метку 55. Этой вершине присваивается постоянная метка:

$$L^*(x_5) = 55$$

Этап №4. Выполним расчет множества последователей для узла графа $U(x_5) = \{x_4, x_6, x_7\}$. По формуле (1) производится пересчет временных меток:

$$L^H(x_4) = \min\{75, 55 + 10\} = 65$$

$$L^H(x_6) = 55 + 11 = 66$$

$$L^H(x_7) = 55 + 20 = 75$$

Таким образом, выбираем вершину x_4 с минимальной временной меткой, которая равна 65. После чего присваиваем ей постоянную метку:

$$L^*(x_4) = 65$$

Этап №5. Найдем множество последователей для узла графа $U(x_4) = \{x_3\}$. Выполним пересчет их временных меток по формуле (1):

$$L^H(x_3) = \min\{85, 65 + 18\} = 83$$

Затем выбираем узел графа x_3 с минимальной временной меткой, которая равна 83. То есть этот узел графа получает постоянную метку:

$$L^*(x_3) = 83$$

Этап №6. Найдем множество последователей для узла графа $U(x_3) = \{x_6, x_7\}$. Затем выполним пересчет временных меток по формуле (1). Тогда получаем:

$$L^H(x_6) = \min\{66, 83 + 7\} = 90$$

После чего выбираем вершину графа x_7 , которая имеет минимальную временную метку, равную 73, поэтому назначаем узлу графа x_7 постоянную метку:

$$L^*(x_7) = 73$$

Этап №7. Найдем множество последователей для узла графа $U(x_7) = \{x_8\}$. Затем выполним пересчет их временных меток по формуле (1). Тогда получаем:

$$L^H(x_8) = \min\{96, 73 + 12\} = 85$$

Тогда выбираем узел графа x_8 с минимальной временной меткой, которая равна 85. То есть данному узлу присваивается постоянная метка:

$$L^*(x_8) = 85$$

Этап №8. Найдем множество последователей для узла графа $U(x_8) = \{x_6\}$. Этот узел графа уже имеет рассчитанную постоянную метку. В связи с этим,

выбираем последнюю вершину, которая имеет временную метку 85, которую и присваиваем этой вершине. Таким образом, ее постоянная метка

$$L^*(x_8) = 85$$

На основании проведенных расчетов графа по методу Дейстры получаем кратчайшие пути между узлами (вершинами) графа, которые символизируют наиболее эффективные взаимодействия между альтернативными САПР. Кроме того, порядок взаимодействия между вершинами графа показывает порядок взаимодействия (передачи информации) между отдельным ПО.

Наиболее эффективные пути между вершинами графа определены, и их длина дана в последних 2-х столбцах приведенной выше матрицы. Дерево кратчайших путей, то есть наиболее эффективных направлений передачи информации через выбранное ПО, которое соответствует вершинам графа, показано на рисунке 4.

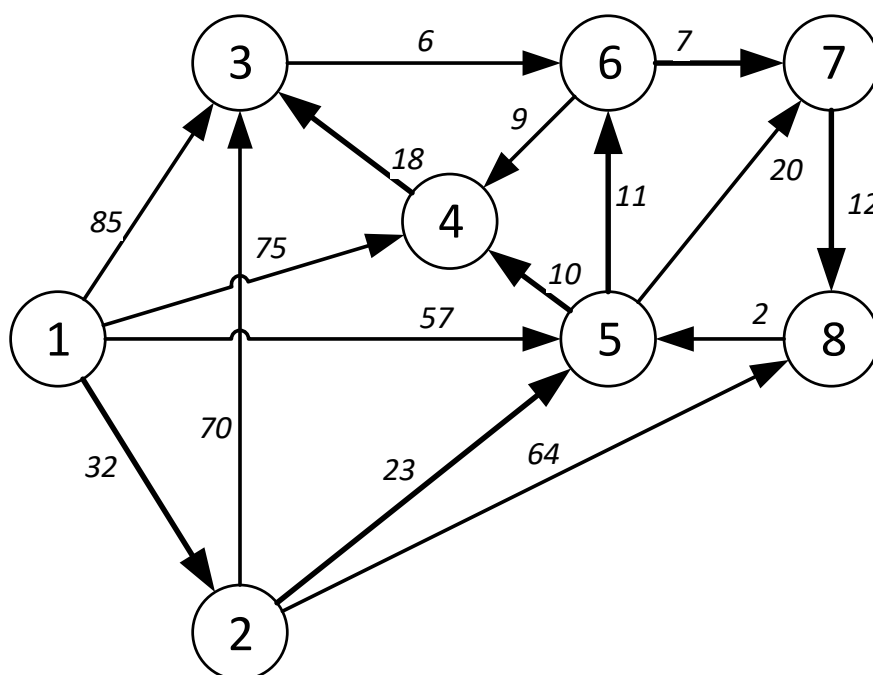


Рис. 4. Решение задачи выбора с использованием графа

Заключение. Таким образом, разработанный метод выбора и организации взаимодействия между несколькими специализированными программными продуктами, применяемыми для проектирования, дает возможность организовать эффективную работу специалистов при разработке цифровой модели изделия.

В соответствии с изложенным выше методологическим подходом, выбор наиболее эффективного САПР, которое используется для тех или иных функций в процессе проектирования с использованием 3D-модели, рекомендуется проводить с применением теории графов.

Метод теории графов, который является основой предложенного подхода и основным его инструментом, позволяет определить наиболее эффективные пути взаимодействия между ПО, с учетом времени, которое затрачивается пользователями на организацию этого взаимодействия. Теория графов полностью исключает использование ПО, если оно не взаимодействует или ограниченно взаимодействует с другими программными продуктами, применяемыми при выпуске проектной документации. Кроме того, использование графа в качестве основного инструмента позволяет выбрать наиболее эффективный маршрут взаимодействия, сокращающий затраты специалистов на подготовку передачи информации.

Список источников

1. Гуськова И.В. Реинжиниринг как метод оптимизации эффективности отечественных предприятий / И.В. Гуськова, И.Д. Кузнецова // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение, 2017. – № 1(49). – С. 27-35.
2. Дутов А.В. Большие вызовы для авиации, авиастроения и развития авиационных технологий: монография / А.В. Дутов, В.В. Ключков, С.М. Рождественская. – Москва: ФГУП ГосНИИАС, 2017. – 124 с.
3. Жилина А.Д. Основные понятия и закономерности инновационного менеджмента: краткий ретроспективный анализ / А.Д. Жилина // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: экономика и право, 2014. – № 9-10. – С. 10-18.
4. Завилов И.М. Особенности стратегического управления АО «Объединенная двигателестроительная корпорация» / И.М. Завилов // Российское предпринимательство, 2016. – № 24. – Т. 17. – С. 3633-3642.
5. Кальницкая И.В. Интегрированная учетно-аналитическая система для целей управления организацией / И.В. Кальницкая // Международный бухгалтерский учет, 2014. – № 22(316). – С. 2-13.
6. Ключков В.В. Организационно-экономические основы обеспечения конкурентоспособности высокотехнологичных производств (на примере авиационного двигателестроения) // Диссертация на соискание ученой степени доктора экономических наук / Ключков Владислав Валерьевич; Московский физико-технический институт (государственный университет). – Москва, 2007. – 319 с.
7. Кохно П.А. Стратегическое развитие авиапрома / П.А. Кохно, А.В. Бондаренко // Информационно-аналитический журнал «Арсенал Отечества», 2020. – № 2(46). – URL: <https://arsenal-otechestva.ru/article/1361-strategicheskoe-razvitiye-aviaproma> (дата обращения: 06.06.2020 г.).
8. Краев В.М. Подходы к разработке моделей жизненного цикла отечественной авиационной техники / В.М. Краев, М.А. Силуянова, и др. // Московский экономический журнал, 2019. – № 1. – С. 536-546.
9. Крюков О.В. Применение теории нечётких множеств при прогнозировании и обработке данных / О.В. Крюков // Вопросы электромеханики. Труды ВНИИЭМ, 2016. – № 1. – Т. 150. – С. 18-26.
10. Гусарова Ю.В. Анализ взаимосвязи платежеспособности и убыточности предприятий промышленности / Ю.В. Гусарова, Е.В. Лютер, А.Ю. Клоницкая // Вестник МАИ, 2008. – Т. 15. – № 6. – С. 5-12.
11. Гусарова Ю.В. Совершенствование правовой и экономической базы для сокращения убыточных организаций авиационной промышленности / Ю.В. Гусарова, Е.В. Лютер, А.Ю. Клоницкая // Вестник МАИ, 2010. – Т. 17. – № 1. – С. 25-29.
12. Гусарова Ю.В. Метод классификации предприятий промышленности по показателю налоговой нагрузки / Ю.В. Гусарова // Труды МАИ, 2010. – № 38.
13. Гусарова Ю.В. Методы оценки финансово-экономических рисков при выполнении государственного заказа предприятиями авиационной промышленности / Ю.В. Гусарова, Е.В. Лютер, А.Ю. Клоницкая // Труды МАИ, 2010. – № 37.
14. Быкова И.С. Автоматизированное проектирование фюзеляжа воздушного судна / И.С. Быкова, А.Д. Припадчев, А.А. Горбунов // Фундаментальные исследования, 2015. – № 2-16. – С. 3484-3487.
15. Наука Промышленность Оборона: труды XVII Всероссийской научно-технической конференции: в 4 т. / коллектив авторов; под редакцией С.Д. Саленко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – 372 с.
16. Бойко А.А. Инструменты разработки ресурсной стратегии предприятия / А.А. Бойко, О.В. Вайда // Решетневские чтения, 2016. – Т. 2. – № 20. – С. 356-357.
17. Алексеев В.Е. Теория графов: Учебное пособие / В.Е. Алексеев, Д.В. Захарова. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2017. – 119 с.
18. Алексеев В.Е. Графы. Модели вычислений. Алгоритмы / В.Е. Алексеев, В.А. Таланов. – Нижний Новгород: ННГУ, 2005. – 307 с.

Говорков Алексей Сергеевич. К.т.н., директор, Институт информационных технологий и анализа данных им. Е.И. Попова ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет. AuthorID: 667979, SPIN: 4791-7021, ORCID: 0000-0001-9684-8572, govorkov_as@ex.istu.edu. 664074 Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Короткова Ксения Евгеньевна. Соискатель, Институт информационных технологий и анализа данных им. Е.И. Попова ФГБОУ ВО Иркутский национальный исследовательский технический университет. AuthorID: 1123771, SPIN: 1893-6701, KorotkovaKE@enplus-telecom.ru. 664074 Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

UDC 658.5.012.011.56

DOI:10.25729/ESI.2025.40.4.014

Improving methods for selecting CAD systems when developing an object digital model

Aleksey S. Govorkov, Kseniya E. Korotkova

National research Irkutsk state technical university,

Russia, Irkutsk, *govorkov_as@ex.istu.edu*

Abstract. The computer-aided design (CAD) system used at an enterprise to create a digital model of structures or products is a set of several software products, each of which defines strictly defined functions as part of the enterprise's production system.

A rational choice of CAD begins at the stage of preparation for creating a digital model. The choice should take into account: the software (SW) required for 3D modeling of the finished object, as well as the final software intended for printing the entire set of design documentation, or for generating an electronic set of documentation for sending to the customer.

In the context of sanctions from foreign countries, it is necessary to approach the selection of software products, taking into account all their features, advantages and functionality. In addition, it is necessary to consider the possibility of organizing technical support for these software products, as well as their adaptation to the domestic software that is used to compile auxiliary documents included in the design documentation set.

For the effective organization of work between individual software in order to enable their interaction with each other, it is necessary to develop a methodology that would reduce the interaction time and implement interaction mechanisms. These mechanisms provide for the transfer of information from one software package to another for the purpose of processing information and automatic generation of additional documents (estimates, statements of work volumes, specifications, etc.).

In this regard, the development of a new method for selecting CAD and the formation of basic principles for information transfer is very relevant.

Keywords: software, compatibility, graph, database, functionality, method

References

1. Guskova I.V., Kuznetsova I.D. Reinzhiniring kak metod optimizatsii effektivnosti otechestvennykh predpriyatiy [Reengineering as a method for optimizing the efficiency of domestic enterprises]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie* [Modern high technologies. regional application], 2017, no. 1(49), pp. 27-35.
2. Dutov A.V., Klochkov V.V., Rozhdestvenskaya S.M. Bol'shie vyzovy dlya aviatsii, aviastroeniya i razvitiya aviatsionnykh tekhnologiy [Big challenges for aviation, aircraft construction and development of aviation technologies]. Moscow, FGUP GosNIIAS Publ., 2017, 124 p.
3. Zhilina A.D. Osnovnye ponyatiya i zakonomernosti innovatsionnogo menedzhmenta: kratkij retrospektivnyy analiz [Basic concepts and patterns of innovation management: a brief retrospective analysis]. *Sovremennaya nauka: aktual'nye problemy teorii i praktiki. Seriya: ekonomika i pravo* [Modern science: actual problems of theory and practice. series: economics and law], 2014, no. 9-10, pp. 10-18.
4. Zavilov I.M. Osobennosti strategicheskogo upravleniya AO "Ob'edinennaya dvigatelestroitel'naya korporatsiya" [Features of strategic management of JSC "United Engine Corporation"]. *Rossiyskoe predprinimatel'stvo* [Russian journal of entrepreneurship], 2016, vol. 17, no. 24, pp. 3633-3642.
5. Kal'nitskaya I.V. Integrirovannaya uchetho-analiticheskaya sistema dlya celej upravleniya organizatsiy [Integrated accounting and analytical system for organizational management purposes]. *Mezhdunarodnyy bukhgalterskiy uchets* [International accounting], 2014, no. 22(316), pp. 2-13.
6. Klochkov V.V. Organizatsionno-ekonomicheskie osnovy obespecheniya konkurentosposobnosti vysokotekhnologichnykh proizvodstv (na primere aviacionnogo dvigatelestroeniya) [Organizational and economic foundations for ensuring the competitiveness of high-tech industries (on the example of aircraft engine building)]. Doctor of Sciences (Economics) dissertation. Moscow, MFTI, 2007, 319 p.
7. Kokhno P.A., Bondarenko A.V. Strategicheskoe razvitiye aviaproma [Strategic development of the aviation industry]. *Informatsionno-analiticheskij zhurnal "Arsenal Otechestva"* [Information and Analytical Journal "Arsenal of the Fatherland"], 2020, no. 2(46), available at: <https://arsenal-otechestva.ru/article/1361-strategicheskoe-razvitiye-aviaproma> (accessed: 06/06/2020).

8. Kraev V.M., Siluyanov M.A. i dr. Podkhody k razrabotke modeli zhiznennogo tsikla otechestvennoi aviatsionnoi tekhniki [Approaches to the development of life cycle models for domestic aviation equipment]. *Moskovskii ekonomicheskii zhurnal* [Moscow economic journal], 2019, no. 1, pp. 536-546.
9. Kryukov O.V. Primenenie teorii nechetkikh mnozhestv pri prognozirovanii i obrabotke dannykh [Application of fuzzy set theory in forecasting and data processing]. *Voprosy elektromekhaniki. Trudy VNIIE* [Questions of electromechanics. Proceedings of VNIIE], 2016, vol. 150, no. 1, pp. 18-26.
10. Gusarova Yu.V., Lyuter E.V., Klonitskaya A.Yu. Analiz vzaimosvyazi platezhеспособности i убыточности predpriyatij promyshlennosti [Analysis of the relationship between solvency and unprofitability of industrial enterprises]. *Vestnik MAI* [MAI Bulletin], 2008, vol. 15, no. 6, pp. 5-12.
11. Gusarova Yu.V., Lyuter E.V., Klonitskaya A.Yu. Sovershenstvovanie pravovoj i ekonomicheskoy bazy dlya sokrashcheniya убыtochnykh organizatsij aviatsionnoj promyshlennosti [Improving the legal and economic framework for reducing unprofitable organizations in the aviation industry]. *Vestnik MAI* [MAI Bulletin], 2010, vol. 17, no. 1, pp. 25-29.
12. Gusarova Yu.V. Metod klassifikatsii predpriyatij promyshlennosti po pokazatelyu nalogovoj nagruzki [Method for classifying industrial enterprises by tax burden indicator]. *Trudy MAI* [Proceedings of MAI], 2010, no. 38.
13. Gusarova Yu.V., Lyuter E.V., Klonitskaya A.Yu. Metody otsenki finansovo-ekonomicheskikh riskov pri vypolnenii gosudarstvennogo zakaza predpriyatiyami aviatsionnoj promyshlennosti [Methods for assessing financial and economic risks in the execution of state orders by aviation industry enterprises]. *Trudy MAI* [Proceedings of MAI], 2010, no. 37.
14. Bykova I.S., Pripadchev A.D., Gorbunov A.A. Avtomatizirovannoe proektirovanie fyuzelyazha vozdušnogo sudna [Automated design of aircraft fuselage]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], 2015, no. 2-16, pp. 3484-3487.
15. Nauka Promyshlennost' Oborona: trudy XVII Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii: v 4 t. [Science Industry Defense: proceedings of the XVII All-Russian scientific and technical conference: in 4 volumes]. Ed. by S.D. Salenko. Novosibirsk, Izd-vo NGTU Publ., 2016, 372 p.
16. Boiko A.A., Vaida O.V. Instrumenty razrabotki resursnoi strategii predpriyatiya [Tools for developing a resource strategy for an enterprise]. *Reshetnevskie chteniya* [Reshetnev readings], 2016, vol. 2, no. 20, pp. 356-357.
17. Alekseev V.E., Zakharova D.V. Teoriya grafov: Uchebnoe posobie [Graph Theory: Textbook]. Nizhnij Novgorod, Nizhegorodskij gosuniversitet Publ., 2017, 119 p.
18. Alekseev V.E., Talanov V.A. Grafy. Modeli vychislenij. Algoritmy [Graphs. Calculation Models. Algorithms]. Nizhnij Novgorod, NNGU Publ., 2005, 307 p.

Govorkov Aleksey Sergeevich. *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Information Technologies and Data Analysis named after. E.I. Popova, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Irkutsk National Research Technical University. AuthorID: 667979, SPIN: 4791-7021, ORCID: 0000-0001-9684-8572, govorkov_as@ex.istu.edu. 664074, Irkutsk, Lermontov street 83.*

Korotkova Kseniya Evgen'evna. *Scientific degree applicant of the Institute of Information Technologies and Data Analysis named after. E.I. Popova, Irkutsk National Research Technical University. AuthorID: 1123771, SPIN: 1893-6701, KorotkovaKE@enplus-telecom.ru. 664074 Irkutsk, Lermontov street 83.*

Статья поступила в редакцию 28.04.2025; одобрена после рецензирования 23.07.2025; принята к публикации 08.10.2025.

The article was submitted 04/28/2025; approved after reviewing 07/23/2025; accepted for publication 10/08/2025.