



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2022-28-4-53-61>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 658.512.011.56

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ

А. В. ПЕТУХОВ

Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого (г. Гомель, Республика Беларусь)

Поступила в редакцию 29.06.2022

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2022

Аннотация. Автоматизация технологического проектирования при выполнении курсовых и дипломных проектов ставит перед высшей школой задачу создания и внедрения в учебный процесс систем, способных работать с большими объемами информации, хранящейся в структурированных базах данных. Эта задача значительно усложняется при разработке курсовых и дипломных проектов в условиях пандемии. Сложность заключается в том, что работать приходится не в локальной сети университета, а поддерживать дистанционную работу со студентами, находящимися по месту жительства, через интернет по клиент-серверной технологии. При этом должен поддерживаться режим авторизации каждого пользователя и надежного хранения промежуточных и окончательных результатов проектирования. Опыт использования системы T-FLEX:Технология, интегрированной в систему электронного документооборота T-FLEX DOC's, рассматривается на примере проектирования технологического процесса механической обработки конкретной детали. Последовательно описываются этапы технологического проектирования.

Ключевые слова: электронный документооборот, система T-FLEX, курсовое проектирование, пандемия.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования Петухов А. В. Цифровая трансформация курсового проектирования в условиях пандемии. *Цифровая трансформация*. 2022; 28 (4): 53–61.

DIGITAL TRANSFORMATION OF A COURSE DESIGN IN THE CONTEXT OF PANDEMIC

ALEXANDER V. PETUKHOV

Sukhoi State Technical University of Gomel (Gomel, Republic of Belarus)

Submitted 29.06.2022

© Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2022

Abstract. Automation of technological design in the implementation of course and diploma projects sets the task of creating and introducing into the higher educational process the necessary systems capable of working with large amounts of information stored in structured databases. This task becomes much more difficult when developing course and diploma projects during a pandemic. The difficulty lies in the fact that one have to work not in the local network of the university but support remote work with students who are at their place of residence via the Internet using client-server technology. At the same time, the mode of authorization of each user and reliable storage of intermediate and final design results should be supported. Experience of using the T-FLEX system:the Technology integrated into the T-FLEX DOC's electronic document management system is considered on the example of designing a technological process for machining a specific part. The stages of technological design are consistently described.

Keywords: electronic document management, T-FLEX system, course design, pandemic.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interests.

For citation Petukhov A. V. Digital Transformation of a Course Design in the Context of Pandemic. *Digital Transformation*. 2022; 28 (4): 53–61.

Введение

Анализ научных источников, описывающих цифровую трансформацию до 2019 года, показывает, что в них глубоко рассмотрены:

- технологии, на которых базируется цифровая экономика, и новые направления на уровне концептуальных понятий [1];
- направления IT-образования в условиях цифровой трансформации [2].

Пандемия, связанная с COVID-19, в настоящее время оказывает влияние на всю мировую экономику. В [3] обосновываются неизбежность цифровой трансформации экономики и ее необходимость в условиях борьбы с пандемией, вызванной COVID-19. Авторами определены наиболее пострадавшие от вируса отрасли и производства.

Сложившаяся ситуация послужила стимулом для исследований цифровой трансформации учебного процесса в условиях пандемии. В [4] описывается практика применения цифровых технологий в образовательном процессе в период пандемии. Однако описание курсового проектирования дано весьма поверхностно и касается в основном передачи фрагментов расчетно-пояснительной записки для проверки руководителем, обратной связи через передачу замечаний от руководителя студенту и проведения защиты проекта через подключение к специально созданному вебинару. При этом само курсовое проектирование, в частности для дисциплины «Автоматизированные системы технологической подготовки производства», включает решение целого комплекса конструкторско-технологических задач, а именно:

- создание параметрических 2D- и 3D-моделей обрабатываемой детали;
- проектирование технологического процесса механической обработки детали;
- разработку управляющих программ для программно-управляемого оборудования;
- создание параметрической 3D-модели станочного приспособления, используемого в технологическом процессе изготовления обрабатываемой детали;
- проведение нагружения параметрической 3D-модели станочного приспособления для определения его работоспособности.

Помимо решения перечисленных задач, в процессе курсового проектирования должны быть решены задачи электронного документооборота:

- авторизированный вход в систему (вход в систему, изменение пароля, завершение работы);
- редактирование документов (создание документа, просмотр и редактирование параметров документа, сохранение документа в хранилище, открытие, редактирование и удаление документа);
- работа с файлами (регистрация файлов, импорт файлов и папок, изменение доступа, просмотр истории изменений документа);
- отправка и получение сообщений (отправка сообщения, пересылка файлов и данных, просмотр полученного сообщения, создание ответного сообщения, пересылка и удаление сообщения);
- работа с заданиями (создание и просмотр задания, принятие и отклонение задания, исполнение и контроль исполнения задания, аннулирование и завершение задания исполнителем, удаление задания);
- поиск объектов (задание области поиска, выбор параметров для поиска, задание условий поиска).

При решении перечисленных задач должно использоваться лицензионное программное обеспечение, позволяющее работать не только в компьютерных классах университета, но и дистанционно. Это требование становится первостепенным ввиду того, что многие студенты в период пандемии могут оказаться на самоизоляции. Таким образом, цифровая трансформация курсового проектирования в условиях пандемии становится весьма актуальной задачей для образовательного процесса в Беларуси. Ее решение должно опираться на результаты исследования, состоящего из следующих стадий:

- выбор автоматизированной системы для реализации поставленных задач;
- адаптация системы к условиям ее использования в учебном процессе;
- внедрение системы в учебный процесс.

Выбор автоматизированной системы для цифровой трансформации курсового проектирования в условиях пандемии

Выбор автоматизированной системы для курсового проектирования проводился в соответствии с методикой, описанной в [5]. Вначале составляли перечень фирм, разработки которых могли быть использованы для решения задач проектирования и электронного документооборота. В него вошли следующие компании:

- «АСКОН»;
- «Топ Системы»;
- «ИНТЕРМЕХ».

На следующем этапе проводилось комплексное исследование систем, включающее качественную и количественную оценки. В основу методики качественной оценки положена теория выбора и принятия решений, которая исследует математические модели этого вида деятельности [5]. В данном случае имеется множество автоматизированных систем (АС), разработанных перечисленными выше компаниями, и задача сводится к выделению из него некоторого подмножества на основе представления о качестве вариантов, характеризующихся принципом оптимальности. Ввиду того, что в рассматриваемой задаче множество альтернатив, которыми являются АС, известно, она может быть отнесена к задаче выбора [5]. Альтернативы обладают многими свойствами, оказывающими влияние на решение, укрупненно они могут быть классифицированы в определенные множества. При решении задачи выбора компании рассматривались следующие множества свойств:

- M' – возможность использования автоматизированных систем, разработанных компанией, для решения комплекса конструкторско-технологических задач;
- M'' – возможность использования автоматизированных систем, разработанных компанией, для решения комплекса задач электронного документооборота.

Детализация указанных множеств показывает, что каждое из них образовано несколькими свойствами, например:

$$M' \{m_1', m_2', m_3', m_4', m_5'\},$$

где m_1' – возможность создания параметрических 2D- и 3D-моделей обрабатываемой детали; m_2' – возможность проектирования технологического процесса механической обработки детали; m_3' – возможность разработки управляющих программ для программно-управляемого оборудования; m_4' – возможность создания параметрической 3D-модели станочного приспособления, используемого в технологическом процессе изготовления обрабатываемой детали; m_5' – возможность проведения нагружения параметрической 3D-модели станочного приспособления для определения его работоспособности.

Аналогично для M'' получаем:

$$M'' \{m_1'', m_2'', m_3'', m_4'', m_5'', m_6''\},$$

где m_1'' , m_2'' – возможность авторизованного входа в систему и редактирования документов; m_3'' , m_4'' – возможность работы с файлами (отправка и получение сообщений); m_5'' , m_6'' – возможность работы с заданиями и поиска объектов.

Для формализации выбора наиболее подходящего поставщика программного обеспечения на основании доступных источников [6–8] было принято решение о проведении классификации разработок фирм-поставщиков по трем группам.

К первой группе относились претенденты, разработки которых поддерживают сквозное проектирование. Указанное требование реализовано в разработках всех трех рассматриваемых фирм-поставщиков. Ко второй – претенденты, в системах которых дополнительно предусмотрен контроль исполнительской дисциплины. Это требование также реализовано в разработках всех фирм-поставщиков. К третьей группе были отнесены претенденты, интегрированные САД/САМ-системы которых поддерживали разработку управляющих программ для оборудования с ЧПУ, а также имеющие модуль, позволяющий моделировать процессы нагружения конструкций и оценивать ее прочность с использованием метода конечных элементов. Эти требования реализованы в разработках компаний «АСКОН» и «Топ Системы».

Окончательное решение в пользу разработок «Топ Системы» было принято ввиду того, что Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого с 2006 года включен в Программу поддержки вузов компании «Топ Системы», а также потому, что в штате университета имеется преподаватель, обладающий с ноября 2019-го квалификационным статусом – сертифицированный преподаватель T-FLEX CAD.

Адаптация системы к условиям ее использования в учебном процессе

Адаптация системы T-FLEX:Технология к условиям ее использования в учебном процессе заключалась в наполнении баз данных технологического проектирования. Их состав показан на рис. 1.

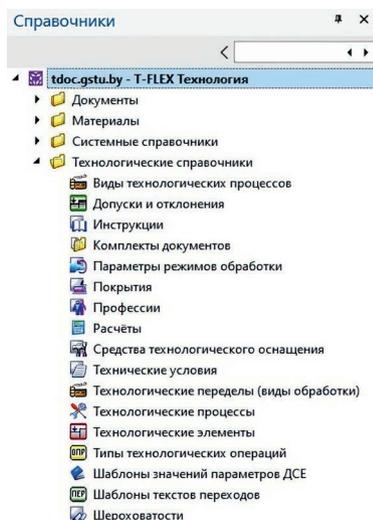


Рис. 1. Состав баз данных технологического проектирования
Fig. 1. The composition of the databases of technological design

В состоянии поставки в системе T-FLEX:Технология сформирована база данных наименований операций, фрагмент которой представлен на рис. 2.

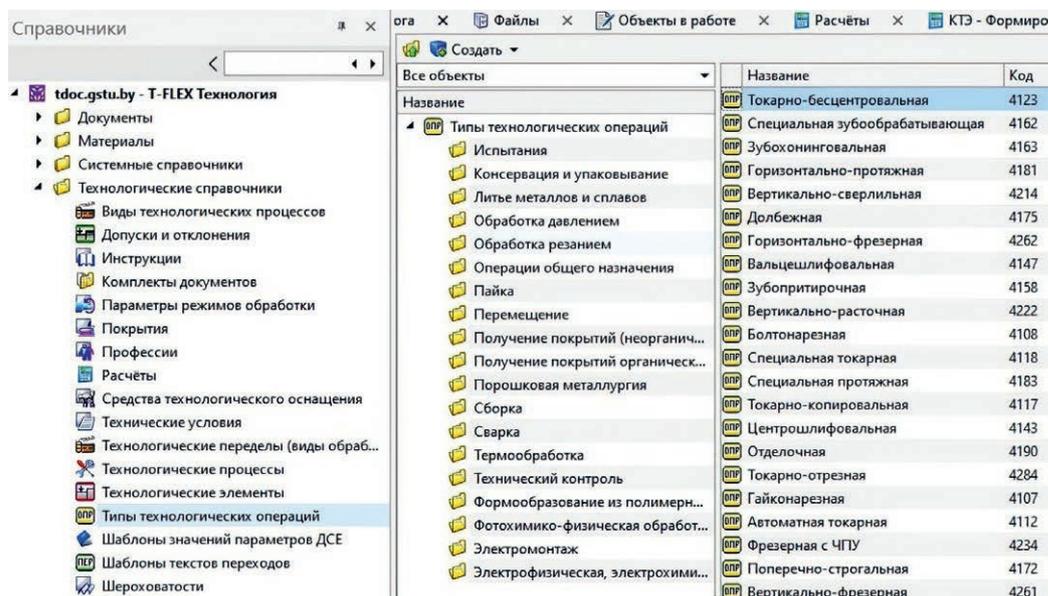


Рис. 2. Фрагмент базы данных наименований операций
Fig. 2. Fragment of the database of operations names

При формировании базы данных технологического оборудования использовались данные, приведенные в [9]. Отличительной особенностью [9] является то, что, помимо технических характеристик оборудования, там указаны его стоимость и категория ремонтной сложности.

Это позволяет объективно оценить технологическую себестоимость обработки детали. Для формирования базы шаблонов текстов переходов (рис. 3) использовались нормативные документы, регламентирующие правила записи переходов.

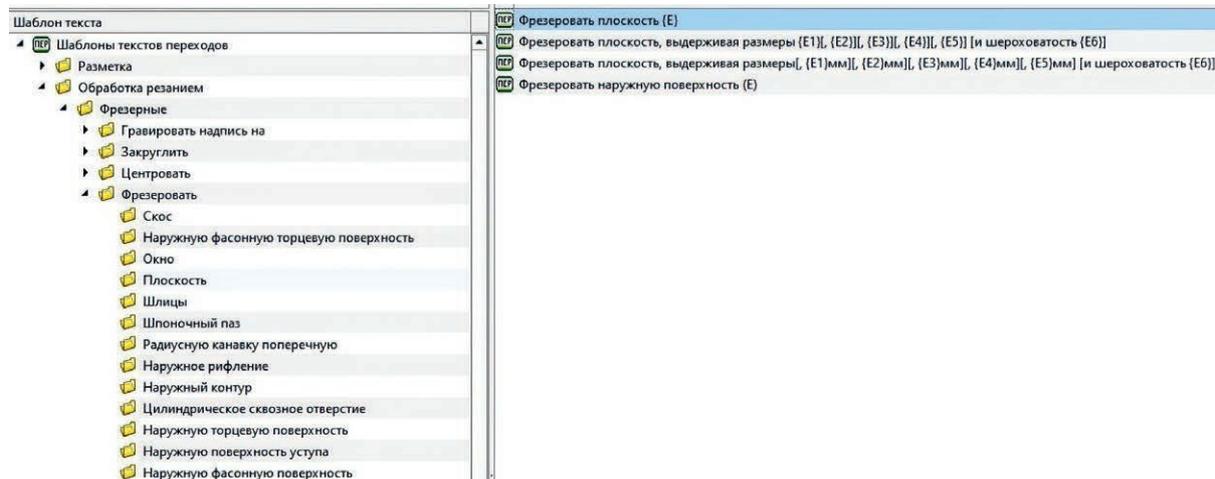


Рис. 3. Фрагмент базы данных шаблонов текстов переходов
Fig. 3. Fragment of the database of transition text templates

Внедрение системы в учебный процесс

В учебный процесс система T-FLEX:Технология внедрялась по трем направлениям при выполнении:

- 1) лабораторных работ по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования технологических процессов» студентами специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения»;
- 2) лабораторных работ по дисциплине «Автоматизированные системы технологической подготовки производства» студентами специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)»;
- 3) курсового и дипломного проектирования студентами специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)».

Период внедрения системы T-FLEX:Технология совпал с пандемией COVID-19, что, в свою очередь, наложило дополнительные требования на работу системы. Эти требования заключались в том, что система должна не только функционировать в рамках локальной сети университета, но и обеспечивать стабильную дистанционную работу со студентами, находящимися по месту жительства. Такая возможность была предоставлена студентам за счет использования клиент-серверной технологии.

На персональных компьютерах (ноутбуках), подключенных к интернету, была установлена клиентская часть программного обеспечения системы T-FLEX:Технология. Сотрудники центра информационных технологий отработали порядок авторизованного доступа студентов к серверной части программного обеспечения системы. Это позволило организовать дистанционное проектирование технологических процессов при курсовом и дипломном проектировании.

Приведем описание последовательности проектирования технологического процесса с использованием системы T-FLEX:Технология на примере детали ступицы КЗК 0108614. Первый этап проектирования общего технологического процесса – создание параметрического чертежа в T-FLEX CAD 17 (рис. 4) с нанесением всех необходимых размеров, а также базы данных к нему, содержащей все необходимые параметры для нескольких исполнений с расширением .dbf (рис. 5).

Далее необходимо связать информацию, содержащуюся в базе данных, с системой T-FLEX CAD. Для этого во вкладке «Редактор переменных» (рис. 6), используя параметр «Обозначение», создается список, содержащий обозначения исполнений детали, указанных в базе данных, и проводится привязка переменных к параметрическому чертежу ступицы.

Создается «Типовой технологический процесс» (рис. 7), который содержит последовательность выполняемых операций. Для добавления операции необходимо выбрать режим создания типовой технологической операции (рис. 8).

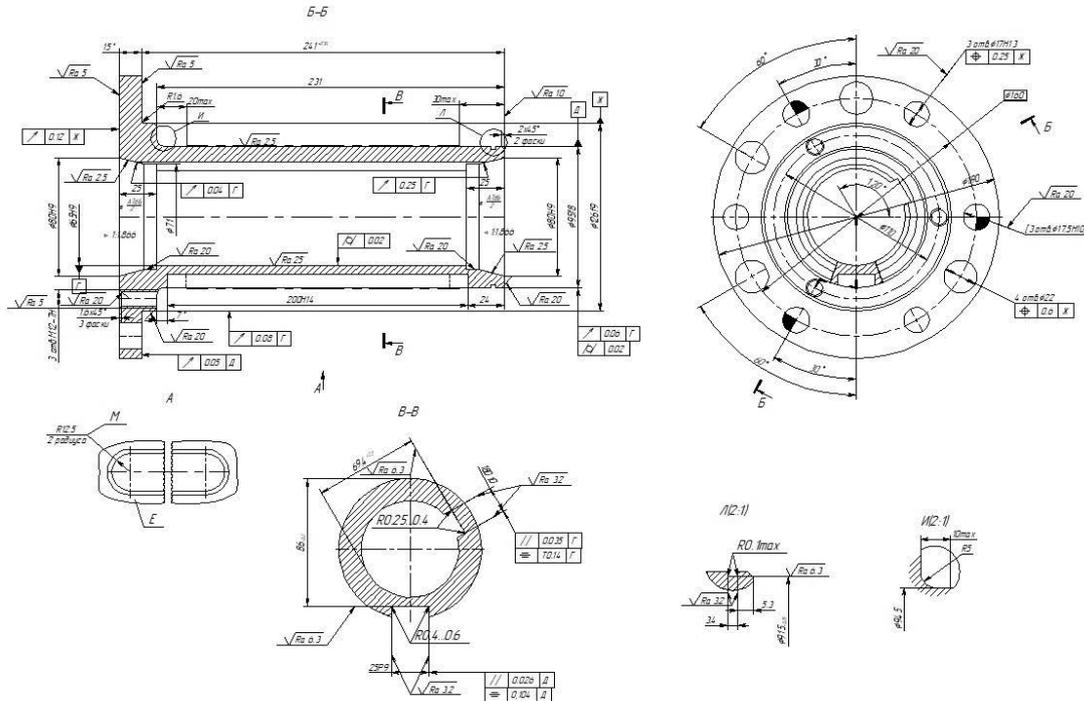


Рис. 4. Параметризованный чертеж детали ступицы КЗК 0108614
Fig. 4. Parameterized drawing of the detail of the hub KZK 0108614

AR4	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ
1	OBOZN	d1	d2	d3	d4	d5	d6	d7	d8	d9	d10	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	m	x	a1	a2	a3	t	tr	hp1	tp1	hp2	tp3	tp2	r1	r2	
2	0108614-1	22	17	17,50	110	160	190	126	95	71	65	15	10	7	241	25	24	5,30	3,40	30	20	12	1	30	30	60	2	1,6	25	9	18	1,75	4,40	1,60	5	
3	0108614-2	23	18	17,50	110	160	200	136	95	70	65	15	10	10	241	25	24	5,30	3,40	30	20	12	1	30	30	60	2	1,6	30	10	18	2	4,40	1,60	5	
4	0108614-3	25	19	17,50	110	175	210	146	95	65	59	15	10	15	241	35	24	7,00	3,40	30	20	14	2	30	30	60	2	1,6	32	13	18	3	4,40	1,60	5	

Рис. 5. База данных детали ступицы КЗК 0108614
Fig. 5. Database of the detail of the hub KZK 0108614

Имя	Выражение	Значение	Комментарий
d10	dbl("KZK0108614DB";"d10";{"Обозначение"}=OBOZN)	65	
r1	dbl("KZK0108614DB";"r1";{"Обозначение"}=OBOZN)	1,6	
r2	dbl("KZK0108614DB";"r2";{"Обозначение"}=OBOZN)	5	
Группа: Служебные			
\$Наименование	"КЗК 0108614"	КЗК 0108614	
\$Обозначение	"0108614-1"	0108614-1	
\$ОбозначениеСБ	\$Обозначение+"-"+\$Cod	0108614-1	
\$Масса	round(Масса, Точность_массы)	0	get("mass",0)/1 <кр>
\$Cod	\$Tip_Doc=="Чертеж"?\$Cod_Sh(\$Tip_Doc=="Схема"?\$Cod_d(\$Cod_Polz))		
\$Материал2	"СТАЛЬ 45 ГОСТ 1050-88"	СТАЛЬ 45 ГОСТ 1050-88	
\$Материал3			
\$Материал4			
\$Vid_Chert	"Чертеж"	Чертеж	
\$Dop_Text			
\$Tip_Shem	"структурная"	структурная	
\$Tip_Doc	"Чертеж"	Чертеж	
\$Vid	"электрическая"	электрическая	
\$НаименованиеСБ	\$Tip_Doc=="Чертеж"?\$Vid_Chert=="Чертеж"?\$Vid_Chert;\$Tip_Doc=="Схема"?\$Tip_Doc+"-"+\$Vid=="комбинированная"		
\$Comb			
\$Ob			
\$Vid_Polz			
\$Cod_Sh	\$Vid_Chert=="Чертеж"?\$Vid_Chert=="Сборочный чертеж"?СБ:\$Vid_Chert=="Чертеж общего вида"?ВО:\$Vid_Chert...		
\$Cod_d	\$Cod_d1+\$Cod_d2+\$NS	31	
\$Cod_d1	\$Vid=="электрическая"?3:\$Vid=="гидравлическая"?1:\$Vid=="пневматическая"?11:\$Vid=="газовая"?X:\$Vid=="ки..."	3	
\$Cod_d2	\$Tip_Shem=="структурная"?1:\$Tip_Shem=="функциональная"?2:\$Tip_Shem=="принципиальная"?3:\$Tip_Shem=="с...	1	
\$NS	Nomer_Shem==0?":":+FIOA(Nomer_Shem)		
Nomer_Shem		0	
\$Cod_Polz			

Рис. 6. Редактор переменных в T-FLEX CAD
Fig. 6. Variable editor in T-FLEX CAD

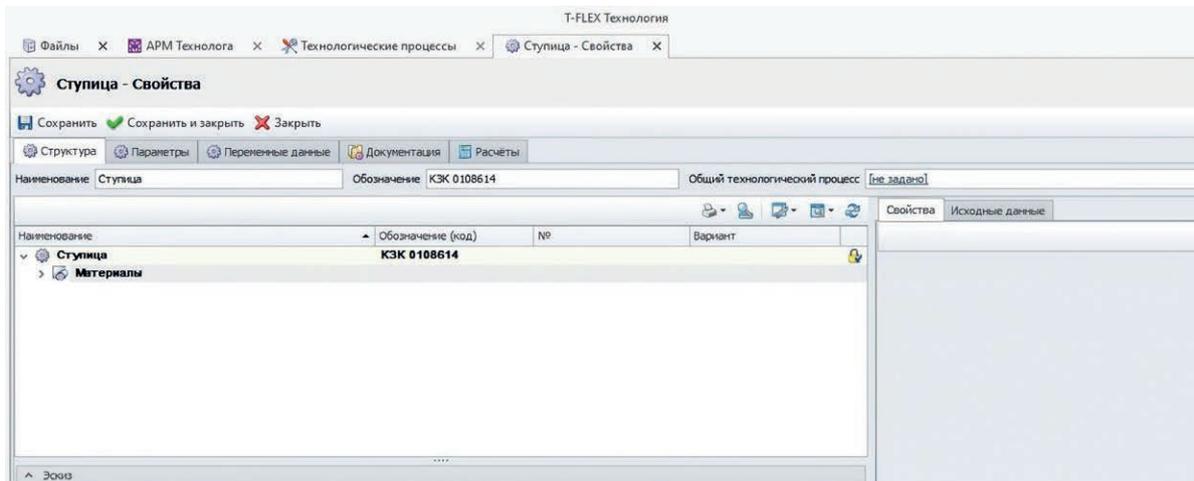


Рис. 7. Окно создания типового технологического процесса
Fig. 7. Window for creating a typical technological process

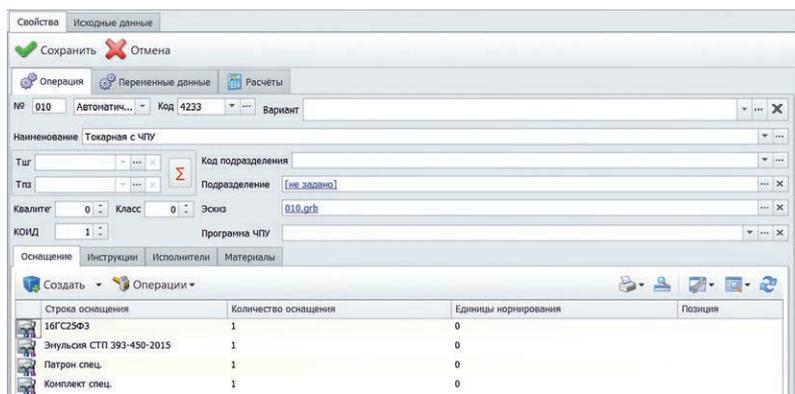


Рис. 8. Окно свойств типовой технологической операции
Fig. 8. Properties window of a typical technological operation

В окне свойств технологической операции заполняются такие параметры, как номер, код, наименование, эскиз, оснащение, инструкции, исполнители, материалы.

Далее в операции создается «Типовой технологический переход» (рис. 9), где заполняются такие параметры, как операционное и вспомогательное время, текст перехода, режимы, оснащение.

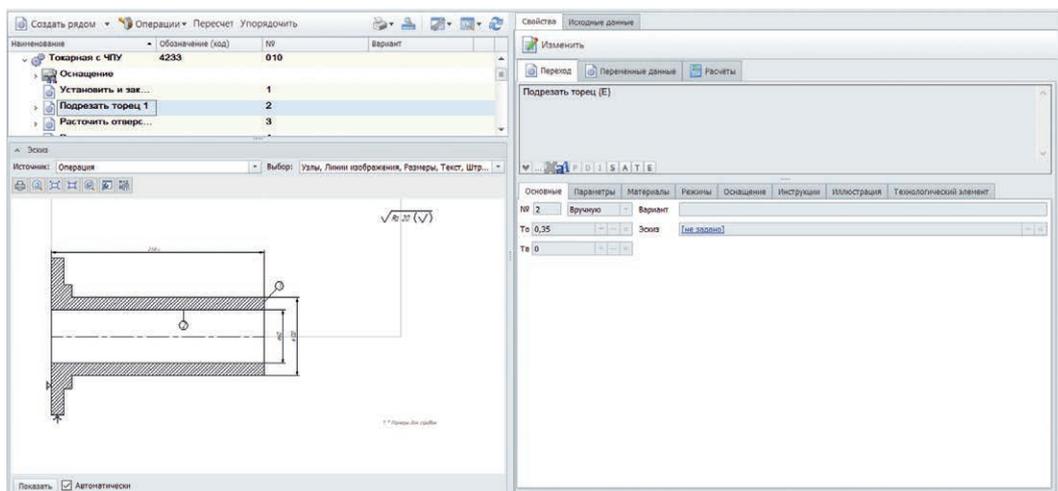


Рис. 9. Окно свойств типового технологического перехода
Fig. 9. Properties window of a typical technological transition

На вкладке «Параметры» (рис. 10) создается связь между переменной в тексте перехода и обозначением поверхности на операционном эскизе.

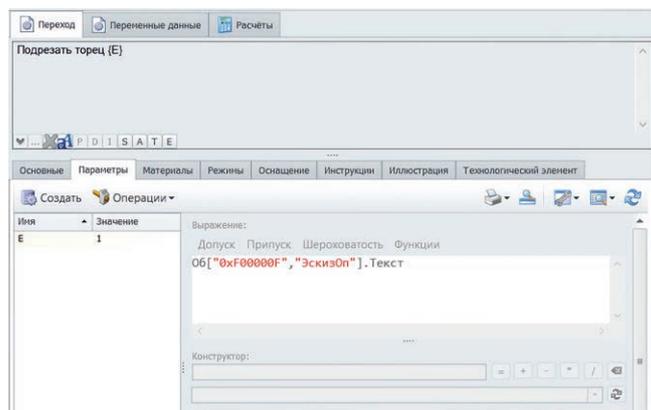


Рис. 10. Вкладка «Параметры» типового технологического перехода
Fig. 10. Tab “Parameters” of a typical technological transition

Все остальные операции заполняются аналогичным способом (рис. 11).

Наименование	Обозначение (код)	№	Вариант
Ступица	КЗК 0108614		
> Перемещение	0400	005	
> Токарная с ЧПУ	4233	010	
> Перемещение	0400	015	
> Токарная с ЧПУ	4233	020	
> Перемещение	0400	025	
> Токарная с ЧПУ	4233	030	
> Перемещение	0400	035	
> Шлифовальная с ЧПУ	4236	040	
> Перемещение	0400	045	
> Фрезерная с ЧПУ	4234	050	
> Перемещение	0400	055	
> Слесарная	0108	060	
> Перемещение	0400	065	
> Горизонтально-про...	4181	070	
> Перемещение	0400	075	
> Слесарная	0108	080	
> Перемещение	0400	085	
> Фрезерная с ЧПУ	4234	090	
> Перемещение	0400	095	
> Слесарная	0108	100	
> Перемещение	0400	105	
> Промывка	0125	110	
> Перемещение	0400	115	
> Контроль	0200	120	
> Перемещение	0400	125	

Рис. 11. Схема технологического процесса
Fig. 11. Process flow diagram

На заключительном этапе проектирования формируется готовый комплект документов, состоящий из титульного листа, маршрутной карты, операционных карт и карт эскизов. Для получения комплекта документов необходимо воспользоваться вкладкой «Документация».

Заключение

Ввиду того, что система T-FLEX:Технология – это подсистема T-FLEX DOC’s, при курсовом и дипломном проектировании появляется возможность дополнительно использовать такие возможности, как отправка и получение сообщений, работа с заданиями и поиск объектов.

Все это подготавливает студентов к работе на виртуальном предприятии, создание которых является перспективным направлением развития машиностроения в нашей республике.

Список литературы

1. Прохоров, А. Цифровая трансформация. Анализ. Тренды. Мировой опыт / А. Прохоров, Л. Коник. М.: ООО «КомНьюс Групп», 2019. 368 с.
2. Курбацкий, А. Н. IT-образование в условиях цифровой трансформации / А. Н. Курбацкий, Ю. И. Воротницкий // Цифровая трансформация. 2017. № 1. С. 7–12.
3. Цифровизация бизнеса в условиях пандемии / Н. П. Макаркин [и др.] // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 11. С. 80–85.
4. Колганов, Е. А. Цифровая трансформация учебного процесса в условиях пандемии. Опыт работы Уфимского филиала ФГБОУ ВО «Финансовый университет при правительстве Российской Федерации» / Е. А. Колганов, М. Ю. Лехмус // Вестник УГНТУ. Наука, образование, экономика. Серия экономика. 2020. Т. 33, № 3. С. 146–153.
5. Петухов, А. В. Формализация задачи выбора автоматизированной системы / А. В. Петухов // Системный анализ и прикладная информатика. 2018. № 1. С. 16–20. <https://doi.org/10.21122/2309-4923-2018-1-16-20>.
6. Официальный сайт компании «АСКОН». Режим доступа: <https://ascon.ru>. Дата доступа: 19.05.2022.
7. Официальный сайт компании «Топ Системы». Режим доступа: <https://www.tflex.ru>. Дата доступа: 19.05.2022.
8. Официальный сайт компании «ИНТЕРМЕХ». Режим доступа: <https://intermech.ru>. Дата доступа: 19.05.2022.
9. Технология машиностроения. Курсовое проектирование / М. М. Кане [и др.]; под ред. М. М. Кане, В. К. Шелега. Минск: Выш. шк., 2013. 311 с.

References

1. Prohorov A., Konik L. (2019) *Cifrovaya Transformaciya. Analiz. Trendy. Mirovoj Opyt* [Digital Transformation. Analysis. Trends. World Experience]. Moscow, Ltd "KomN'yus Grup" Publ. 368 (in Russian).
2. Kurbackij A. N., Vorotnickij Yu. I. (2017) IT-education under Conditions of Digital Transformation. *Digital Transformation*. (1), 7–12 (in Russian).
3. Makarkin N. P., Gorina A. P., Alferina O. N., Korneeva N. V. (2020) Digitalization of Business in a Pandemic. *Vestnik Altajskoj Akademii Ekonomiki i Prava* [Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law]. (11), 80–85 (in Russian).
4. Kolganov E. A., Lekhmus M. Yu. (2020) Digital Transformation of the Educational Process in a Pandemic. Experience of the Ufa Branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation. *Vestnik UGNTU* [Bulletin of UGNTU]. 33 (3), 146–153 (in Russian).
5. Petukhov A. V. (2018) Formalization of the Problem of Selection of Automated System. *System Analysis and Applied Information Science*. (1), 16–20. <https://doi.org/10.21122/2309-4923-2018-1-16-20> (in English).
6. *Official Website of ASCON Company*. Available: <https://ascon.ru> (Accessed 20 May 2022) (in Russian).
7. *Official Site of Top Systems Company*. Available: <https://www.tflex.ru> (Accessed 20 May 2022) (in Russian).
8. *INTERMEH Official Website*. Available: <https://intermech.ru> (Accessed 20 May 2022) (in Russian).
9. Kane M. M. [et al.] (2013) *Engineering Technology. Course Design*. Minsk, Graduate School Publ. 311 (in Russian).

Сведения об авторе

Петухов А. В., старший преподаватель кафедры технологии машиностроения Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого.

Адрес для корреспонденции

246746, Республика Беларусь,
г. Гомель, просп. Октября, 48
Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого
Тел. +375 29 734-25-13
E-mail: Petukhov_2000@gstu.by
Петухов Александр Владимирович

Information about the author

Petukhov A. V., Senior Lecturer at the Department of Technology of Mechanical Engineering of the Sukhoi State Technical University of Gomel.

Address for correspondence

246746, Republic of Belarus,
Gomel, Oktyabrya Ave., 48
Sukhoi State Technical University
of Gomel
Tel. +375 29 734-25-13
E-mail: Petukhov_2000@gstu.by
Petukhov Alexander Vladimirovich