

Научная статья

УДК 004.4

DOI: 10.36718/2500-1825-2021-4-38-49

Владимир Андреевич Зеер

Сибирский федеральный университет, Политехнический институт, заведующий кафедрой транспортных и технологических машин, кандидат технических наук, доцент, Красноярск, Россия, zeer.vladimir@mail.ru

Лидия Николаевна Родикова

Сибирский федеральный университет, Политехнический институт, доцент кафедры транспортных и технологических машин, Красноярск, Россия, zeer.vladimir@mail.ru

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРУЕМОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТКА ИНФОРМАЦИИ

Цель исследования – разработка практических рекомендаций определения экономической эффективности проектируемой техники в условиях недостатка информации, позволяющих выполнять многовариантные расчеты в автоматическом режиме. Задачи исследования: исследовать возможность использования разработанной цифровой технологии при выполнении расчетных работ в конструкторском производстве. Объектом исследования является учебный процесс в части выполнения студентами инженерных специальностей курсовых проектов и выпускных квалификационных работ. Кроме того, предложенный программный продукт может использоваться и в специализированных конструкторских подразделениях, где значительная часть сопутствующих расчетных работ связана с высокой трудоемкостью и выполняется вручную. Оценивая возможность использования существующих традиционных методик расчета экономической эффективности новой техники (или принятых конструкторских решений по отдельным узлам и агрегатам), следует отметить их недостаточную состоятельность применения в современных условиях. Актуальным подходом в разработке практических рекомендаций является применение разработанного инновационного программного продукта «REENT», т.е. расчет экономической эффективности новой техники. В разработанной цифровой технологии обобщающим показателем эффективности проектируемой техники с позиции качественных показателей технического уровня и экономических характеристик является интегральный показатель качества. Инноваци-

онная программа «REENT» предназначена для определения обобщающего показателя экономической эффективности и интегрального показателя качества проектируемой техники. Разработанный алгоритм программного расчета содержит четыре этапа и обеспечивает наглядность и достоверность каждого из них, т.е. интегрального показателя качества, минимальное значение которого считается эффективным. Использование цифровых информационных технологий в виде программных продуктов в учебном процессе повышает качество подготовки специалистов и выводит их на новый уровень выполнения производственных задач.

Ключевые слова: техника, проектирование, конструирование, эффективность, издержки, цена, метод, матрица, программа, интегральный показатель.

Vladimir A. Zeer

Siberian Federal University, Polytechnic Institute, Head of the Department of Transport and Technological Machines, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Krasnoyarsk, Russia, zeer.vladimir@mail.ru

Lidia N. Rodikova

Siberian Federal University, Polytechnic Institute, Associate Professor at the Department of Transport and Technological Machines, Krasnoyarsk, Russia, zeer.vladimir@mail.ru

DIGITAL TECHNOLOGIES IN DETERMINING THE DESIGNED EQUIPMENT INTEGRAL QUALITY INDICATOR UNDER LACK OF INFORMATION

The purpose of the study is to develop practical recommendations for determining the economic efficiency of the designed equipment in conditions of a lack of information, which allow performing multivariate calculations in an automatic mode. Research objectives: to investigate the possibility of using the developed digital technology when performing calculating work in design production. The object of research is the educational process in terms of the implementation of course projects and final qualification works by students of engineering specialties. In addition, the proposed software product can also be used in specialized design departments, where a significant part of the accompanying design work is associated with high labor intensity and is performed manually. Assessing the possibility of using existing traditional methods for calculating the economic efficiency of new technology (or adopted design solutions for individual components and assemblies), it should be noted that they are insufficiently consistent in modern conditions. The timely approach in the development of practical recommendations is the use of the developed innovative software product "REENT", i.e. calculation of the economic efficiency of new technology. In the developed

digital technology, an integral indicator of quality is a generalizing indicator of the efficiency of the designed equipment from the standpoint of qualitative indicators of the technical level and economic characteristics. The innovative program "REENT" is designed to determine a generalized indicator of economic efficiency and an integral indicator of the quality of the designed equipment. The developed algorithm of the software calculation contains four stages and ensures the clarity and reliability of each of them, i.e. integral quality indicator, the minimum value of which is considered effective. The use of digital information technologies, in the form of software products in the educational process, increases the quality of training of specialists and brings them to a new level of performing production tasks.

Keywords: *technique, design, construction, efficiency, costs, price, method, matrix, program, integral indicator.*



Введение. Проектирование – сложный творческий процесс, которому сопутствуют многовариантные расчеты экономической эффективности новой техники.

Проектируемая новая техника обладает более высокими качественными показателями технического уровня по сравнению с существующими аналогами. Количественные характеристики, определяющие качество, называют показателями качества технического уровня изделия.

Проектирование рассматривают как процесс построения общей схемы изделия, его узлов и систем, а конструирование – как более детальную проработку этой схемы с учетом технологии изготовления. По форме представления конструкторские документы разделяют на графические и текстовые.

Цель проектирования и конструирования – разработка новой техники, которая не существует или существует в другой форме и имеет иные размеры и параметры.

К новой (усовершенствованной) конструкции техники предъявляются требования как к объекту производства на заводе-изготовителе. Главным здесь является экономическая эффективность производства и минимальные сроки его подготовки и освоения.

Цель исследования. Разработка практических рекомендаций определения экономической эффективности проектируемой техники в условиях недостатка информации, позволяющих выполнять многовариантные расчеты в автоматическом режиме.

Задачи исследования: исследовать возможность использования разработанной цифровой технологии при выполнении расчетных работ в учебном процессе, в конструкторском производстве.

Эффективность в общем виде – это результативность чего-либо, например производства, труда и т.д.

Важнейшей составной частью эффективного проектирования является выбор критериев оценки решений. Он возникает каждый раз, когда необходимо сделать оценку вариантов и выбрать один из них. От того, какой принят критерий, зависит не только численное значение параметров и характеристик, но и судьба проектируемого или изготовленного изделия. Неудачно выбранные критерии могут привести к неправильной оценке проектного решения.

Состояние, при котором нельзя больше улучшить значение одного из критериев оценки, не ухудшая значения других критериев, свидетельствует о достижении оптимума правила Парето [1].

Автоматизация расчетов позволяет оперативно, с минимальной трудоемкостью выполнять многовариантные расчеты и выбирать эффективный из них.

В практике для определения эффективности новой техники широкое распространение имеют такие традиционные методы, как конкурентоспособность, функционально-стоимостной анализ, приведенные затраты и т.д. [2].

Отмеченные методы используются в различных отраслях производства машин, механизмов, диагностического оборудования и т.д. Кроме того, при ручном способе расчета решение этой задачи имеет и коммерческий потенциал, но не всегда может быть получено оптимальное проектное решение.

Проектирование новой техники – сложный творческий процесс, которому сопутствует большое количество технико-экономических расчетов, в том числе многовариантные расчеты ее эффективности.

Многовариантность расчетов обеспечивает их качество, достоверность, возможность корректировки в режиме реального времени, повышает производительность и снижает временные затраты, что возможно только при использовании цифровых технологий, т.е. программных продуктов.

Разработанная программа «REENT» [3] наиболее приемлема для выполнения многовариантных расчетов экономической эффективности новой техники в условиях недостатка информации.

Структура программы «REENT» разбита на четыре этапа.

Первый этап. Расчет комплексного показателя технического уровня.

Включает в себя ввод пользователем значений показателей качества базовой проектируемой техники:

- заполнение качественной матрицы смежности выполняется вручную (предусмотрена автоматическая система исключений случайных ошибок ввода);

- определение коэффициентов весомости дает возможность корректировать их значения.

Второй этап. Композиция расчета годовых эксплуатационных издержек потребителя.

Третий этап. Расчет цены новой конструкции, цены потребления и приобретения.

Четвертый этап. Расчет интегрального показателя качества проектируемой конструкции.

Согласно структуре программы разработан алгоритм программного расчета обобщающего показателя эффективности. Алгоритм обеспечивает наглядность и достоверность каждого этапа расчета (рис. 1).

Все этапы расчета приведены в формализованном виде.

Достоинством программы «REENT» является сокращение времени работы над проектом за счет параллельного ввода информации при выполнении необходимых расчетов. Ввод исходных данных производится попутно с расчетом. Кроме того, есть возможность корректировать все расчетные данные, с автоматическим перерасчетом последующих показателей, и возможность выполнить до 99 вариантов. Оператор, выполняющий работы, необязательно должен иметь высокую квалификацию.

Итоговая характеристика техники оценивается ее эффективностью с учетом всей совокупности параметров, т.е. комплексным показателем технического уровня [4] (КПТУ).

Расчет КПТУ начинается с отбора качественных показателей технического уровня для двух вариантов. На рисунках 2, 3 приведены фрагменты программного расчета КПТУ.

Прежде всего в программе содержится система сравнения выбранных для анализа показателей техники по критерию их влияния на величину полезного эффекта (достижения высокого технического уровня техники). Далее важно определить коэффициенты весомости, отражающие значимость, степень влияния i -го параметра на величину полезного эффекта [4].

В соответствии с принятой системой критериев составляются качественная и количественная матрицы смежности.

В качественной матрице смежности в выражении « $X_1 < X_2$ » знак « $<$ » указывает на то, что, по мнению пользователя, первый показатель является менее важным параметром для потребителя, чем второй, с точки зрения полезного эффекта. Знак « $>$ » в выражении « $X_2 > X_3$ » свидетельствует о наибольшей важности первого параметра по отношению к другому, а знак « $=$ » в выражении « $X_1 = X_5$ » – параметры равнозначны между собой. Ввод знаков производится автоматически, при этом заполняется соответствующая ячейка относительного показателя (например, вводим « $X_2 > X_3$ », автоматически заполняется « $X_3 < X_2$ »), это позволяет облегчить заполнение матрицы с большим числом показателей и предотвратить случайные ошибки ввода.

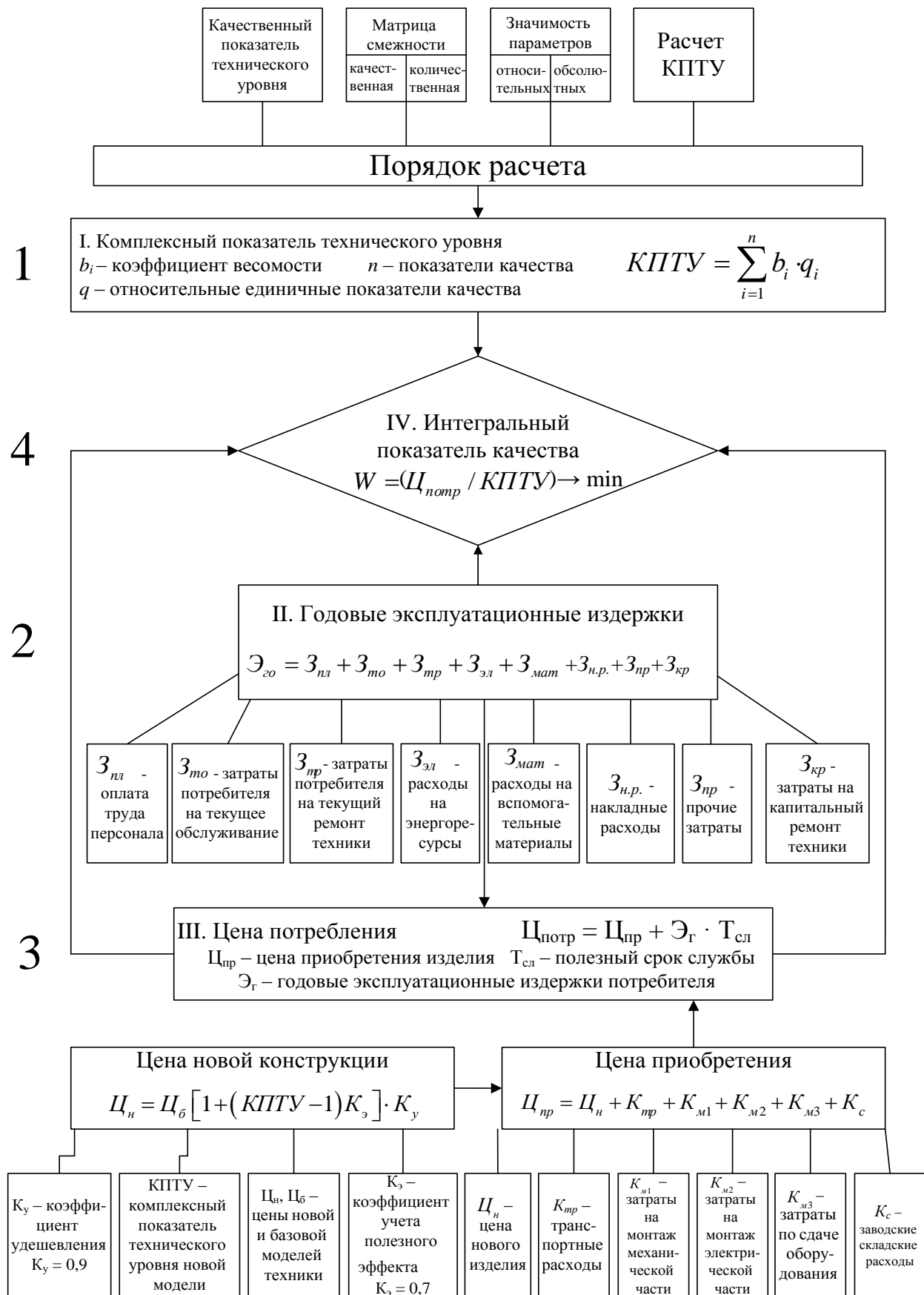


Рис. 1. Алгоритм программного расчета интегрального показателя качества

При разработке качественной матрицы смежности заполняемость параметров ($>$, $<$, $=$) относительно друг друга выполняет оператор вручную (рис. 2). Остальные действия выполняются в автоматическом режиме и формируются в количественную матрицу смежности, определяются коэффициенты весомости, затем рассчитывается комплексный показатель технического уровня (рис. 3), значение которого в условном примере 1,2, т.е. проектируемая техника превосходит базовую по качественным показателям технического уровня на 20 %.

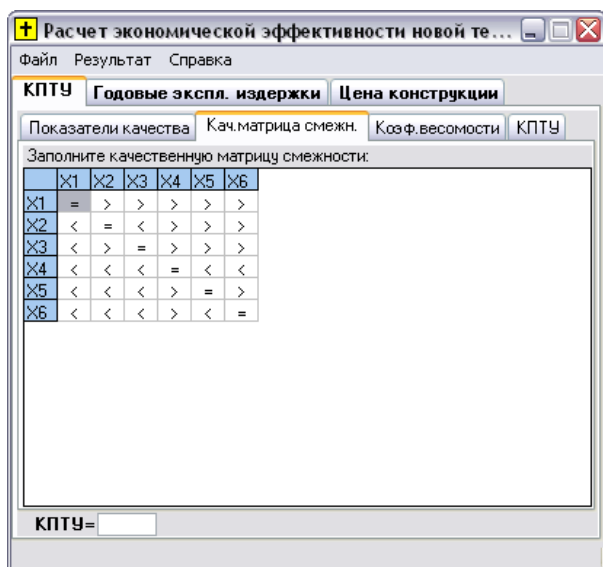


Рис. 2. Качественная матрица смежности

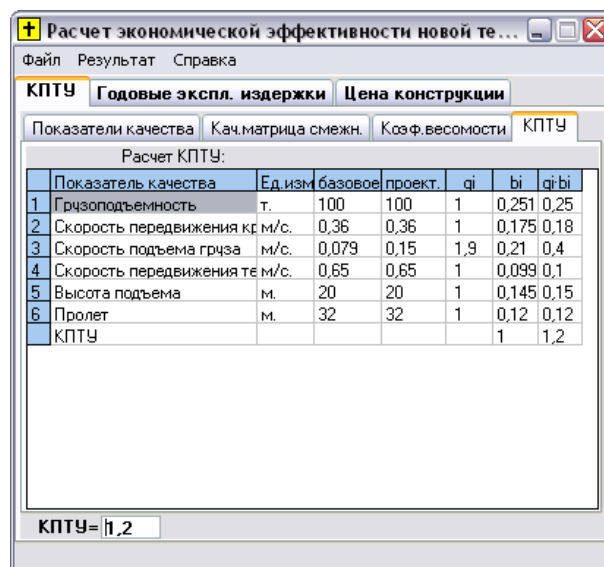


Рис. 3. Комплексный показатель технического уровня

Сам по себе КПТУ не может служить критерием оптимальности конструкторского решения, так как критерием должен быть показатель эффективности, соизмеряющий полученные результаты (технический уровень техники) с затратами на достижение этого результата. Результатом может служить интегральный показатель качества (W). Экономичным следует считать вариант, характеризующийся минимальным значением W [4].

Расчет КПТУ может использоваться как самостоятельная программа эффективности принятого конструкторского решения.

При расчете интегрального показателя качества учитываются значения КПТУ, определенные в первом этапе программы, и другие показатели.

Композиция издержек потребителя (см. рис.1, этап 2) в программном расчете интегрального показателя качества проектируемой техники в условиях недостатка информации выполнена по основным изменяющимся издержкам потребителя в последующем использовании в эксплуатационных условиях. Результаты расчетов эксплуатационных издержек приведены на рисунках 4–13.

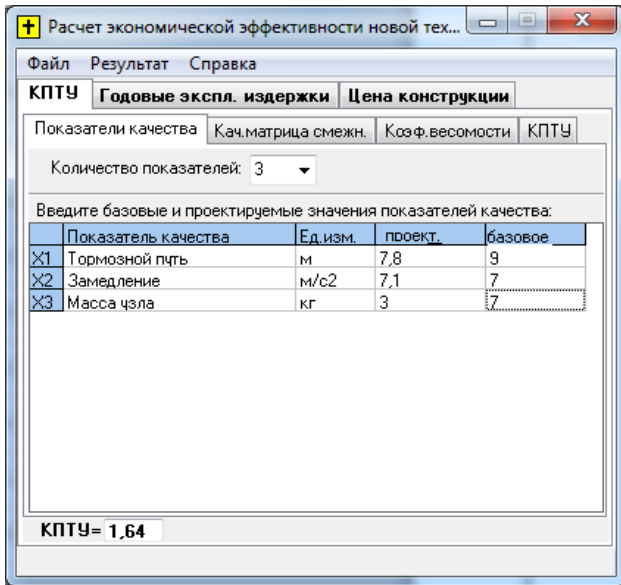


Рис. 4. Показатели качества

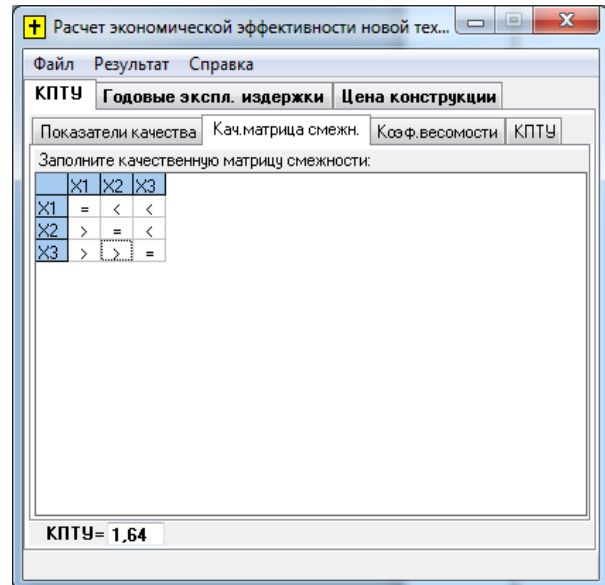


Рис. 5. Матрица смежности

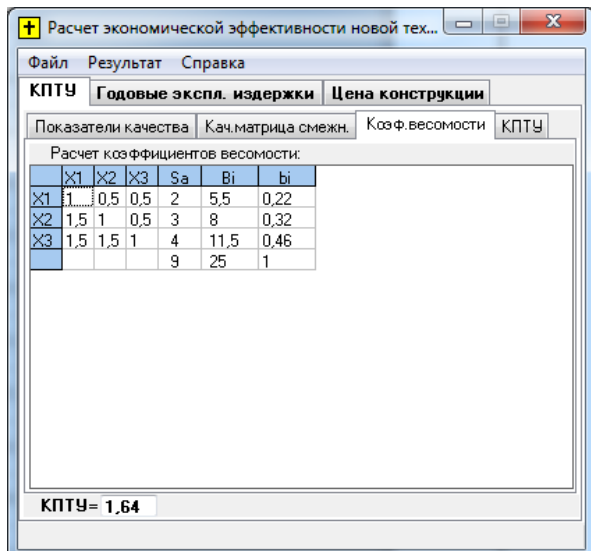


Рис. 6. Коэффициент весомости

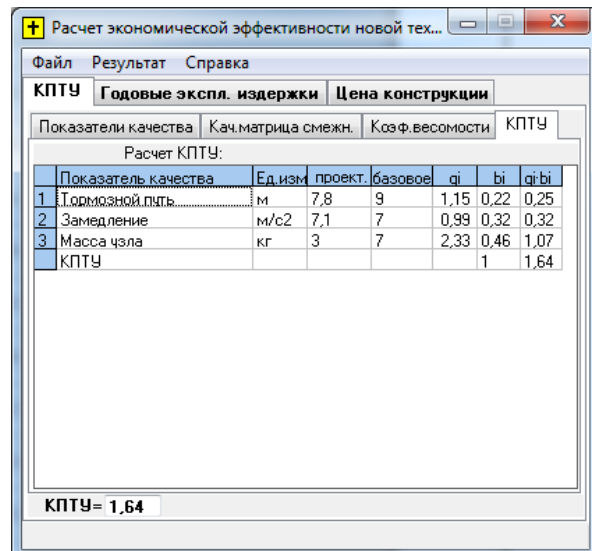


Рис. 7. Комплексный показатель технического уровня

Показатель	Баз. знач.	Проект. знач.
Численность работников	1	1
Часовая тарифная ставка работника р/ч.	101,39	101,39
Годовой эффект. фонд раб. времени, ч.	2009	2009
Козфициент премиальных доплат	0,6	0,6
Районный коэф. и доплата за непр. стаж	0,5	0,5
<input type="checkbox"/> Основная заработная плата, р.	61107,75	61107,75
<input type="checkbox"/> Дополнительная заработная плата, р.	15276,94	15276,94
<input type="checkbox"/> Фонд оплаты труда	76384,69	76384,69
Отчисления на социальные нужды:		
Единый налог на соц.страх. (% от ФОТ)	22	22
Соц.страх. от несч. случаев (% от ФОТ)	2,9	2,9
Затраты по оплате труда, р.	95404,48	97619,64

Рис. 8. Затраты на оплату труда

Показатель	Баз. знач.	Проект. знач.
Кол-во часов работы в год, ч.	2009	2009
Стоим. чел.ч. работ по ТО, р/чел.ч	51,8	51,8
Козф. размера доплат	1,85	1,85
Козф. цеховых расходов	0,9	0,9
Ресурс до КР, лет	5	5
Сумм. опер. труд-ть КР, чел.ч/ч	0,11	0,11
<input type="checkbox"/> Трудоемкость КР, чел.ч	1104,95	1104,95
<input type="checkbox"/> Раб. затраты на КР, руб.	57236,41	57236,41
<input type="checkbox"/> Суммарн. стоимость работ по КР	186018,33	186018,33
<input type="checkbox"/> Стоимость зап./част. ,руб.	83708,25	83708,25
<input type="checkbox"/> Полная стоимость КР,руб	269726,58	269726,58
Затраты потребителя на КР	53945,32	53945,32

Рис. 9. Затраты на капремонт

Показатель	Баз. знач.	Проект. знач.
Кол-во часов работы в год, ч.	2009	2009
Стоим. чел.ч. работ по ТО, р/чел.ч	44,4	44,4
Козф. размера доплат	1,85	1,85
Козф. цеховых расходов	0,9	0,9
Сумм. удел. труд-ть ТР, чел.ч/ч	0,09	0,09
<input type="checkbox"/> Трудоемкость ТР, чел.ч	180,81	180,81
<input type="checkbox"/> Стоимость ТР, руб.	8027,96	8027,96
Затраты потребителя на ТР	26090,87	26090,87

Рис. 10. Затраты на текущий ремонт

Показатель	Баз. знач.	Проект. знач.
Кол-во часов работы в год, ч.	2009	2009
Стоим. чел.ч. работ по ТО, р/чел.ч	32,1	32,1
Козф. размера доплат	1,85	1,85
Козф. цеховых расходов	0,9	0,9
Сумм. удел. труд-ть ТО, чел.ч/ч.	0,04	0,04
<input type="checkbox"/> Трудоемкость ТО, чел.ч.	80,36	80,36
<input type="checkbox"/> Стоимость ТО, р.	2579,56	2579,56
Затраты потребителя на ТО, р.	7093,79	7093,79

Рис. 11. Затраты на техническое обслуживание

Показатель	Баз. знач.	Проект. знач.
Кол-во часов работы в год	2009	2009
Отн. прод-ть вкл-ния двигателей	0,4	0,4
Козф. исп-ния двиг. по мощности	0,8	0,8
Сумм. мощность двигателей, кВт	149	234
Козф. потери э/энергии в сети	0,05	0,05
Цена э/энергии, р/кВт.ч.	4,14	4,14
Фактич. КПД двигателей	0,9	0,9
Затраты на э/энергию в год, р.	22031,5	34599,8

Рис. 12. Годовые затраты на э/энергию и топливо

	Цена конструкции	
	Базовое значение	Проект. значение
Годовые затраты на оплату труда...	95404,48	95404,48
Годовые затраты на ТО техники...	7093,79	7093,79
Годовые затраты на ТР техники...	26090,87	26090,87
Годовые затраты на КР техники...	40666,47	40666,47
Годовые затраты на э/энергию...	22031,5	34599,8
Годовые расходы на вспом. мат.	3304,72	5189,97
Прочие расходы	19459,18	20904,54
Годовые эксплуатационные издержки потребителя:	214051,01	229949,92

Рис. 13. Годовые затраты на эксплуатационные издержки

Показатель	Базовый	Новый
Полезный срок службы, лет	20	20
<input type="checkbox"/> Цена модели	980000	1277136
<input type="checkbox"/> Затраты на монтаж мех. ч.о.	49000	63856,8
<input type="checkbox"/> Затраты на монтаж эл. ч.о.	49000	63856,8
<input type="checkbox"/> Затраты по сдаче оборудования	49000	63856,8
<input type="checkbox"/> Транспортные расходы	39200	51085,44
<input type="checkbox"/> Заводские складские расходы	19600	25542,72
<input type="checkbox"/> Цена приобретения	1185800	1545334,56
<input type="checkbox"/> Цена потребления	5466820,2	6144332,96
Интегральный показатель качества	5466820,2	3746544,49

Рис. 14. Интегральный показатель качества

Последующие расчеты цены приобретения $C_{пр}$ (см. рис.1, этап 3) используются при определении цены потребления $C_{потр}$. Основными показателями в расчетах интегрального показателя качества является цена

потребления и комплексный показатель технического уровня (КПТУ) (формула (1)).

Интегральный показатель качества является обобщающим значением эффективности принятого конструкторского решения в условиях недостатка информации, что на уровне проектирования новой техники является неотъемлемым фактором.

Расчет КПТУ может использоваться как самостоятельная программа эффективности принятого конструкторского решения.

Значение КПТУ в примере (рис. 7) составляет 1,64.

Ниже приведен условный пример программного расчета экономической эффективности проектируемого автомобиля багги «Формула студент», выполненный на рисунках 4–14, где КПТУ равен 1,64, т.е. проектируемая модель багги эффективнее базовой на 64 % по качественным показателям технического уровня (рис. 7).

Значение интегрального показателя качества в базовом и проектном вариантах определяется по формулам (1), (2):

$$W_6 = \frac{C_{\text{потр.б.}}}{\text{КПТУ}_6}; \quad W_n = \frac{C_{\text{потр.п.}}}{\text{КПТУ}_n}. \quad (1)$$

$$W_n \rightarrow \min. \quad (2)$$

Расчет W выполнен согласно алгоритму (см. рис. 1) в программе «REENT».

В результате программного расчета W проектируемого автомобиля меньше значения базовой модели на 11 %, что говорит о правильности выбора конструкторского решения.

Выводы. Многовариантность автоматизированных расчетов эффективности проектируемой техники обеспечивает их качество, достоверность, возможность корректировки в режиме реального времени, повышает производительность и снижает временные затраты, что возможно только при использовании цифровых технологий, т.е. программных продуктов.

Автоматизированный расчет эффективности проектируемой техники предполагает использование и других инновационных программных продуктов, имеющих определенные преимущества перед ручным способом расчета.

Кроме вышеприведенной программы «REENT» в учебном процессе используется инновационная программа расчета издержек потребителя и полезного эффекта проектируемой техники, свидетельство об официальной регистрации № 2007613539 [5]. Программа обеспечивает расчет эксплуатационных издержек потребителя согласно формализованной методике. Полезный эффект нового образца техники представляет стоимостную оценку изменений ее потребительских свойств, ока-

зывающих влияние на показатели производительности, надежности и долговечности новой техники, использования рабочей силы, сырья, материалов, электроэнергии и других ресурсов, а также повышения качества выпускаемой с ее помощью продукции, и социально-экономические показатели [6].

В программе есть возможность оформления расчетного документа в виде таблицы формата Word.

Кроме инновационных, отмеченных в Госрегистрации программ расчета эффективности новой техники в учебном процессе применяются программные ресурсы, разработанные индивидуально операторами в порядке личной инициативы.

В статье приведен расчет экономической эффективности проектируемой техники в виде интегрального показателя качества W в условиях недостатка технико-экономической информации.

Качественные расчеты могут быть получены за счет их многовариантности. Многовариантность расчетов обеспечивает их достоверность, возможность корректировки в режиме реального времени, повышает производительность и снижает временные затраты, что возможно только при использовании цифровых технологий, т.е. программных продуктов.

С этой целью разработан программный продукт «REENT», предназначенный для расчета комплексного показателя технического уровня и интегрального показателя качества проектируемой техники.

Программа содержит 4 этапа расчета. Первый – расчет КПТУ, может служить самостоятельным программным продуктом, определяющим эффективность проекта с позиции качественных показателей технического уровня. Разработанный алгоритм программы обеспечивает наглядность каждого этапа расчетов. Программный расчет интегрального показателя качества используется в учебном процессе студентами инженерных специальностей, а также может применяться специалистами конструкторских подразделений предприятий. Эффективным вариантом проектируемой техники является тот, у которого значения интегрального показателя качества меньше, чем в базовом варианте.

Оптимизация учебного процесса через использование цифровых технологий при изучении экономических дисциплин повышает качественный уровень знаний выпускников и сокращает период их адаптации к условиям производственного процесса.

Список источников

1. Критерий оценки проектных и конструкторских решений: Инфоpedia, 2016. URL: <https://infopedia.su>.
2. Родикова Л.Н. Организация конструкторской подготовки производства. Красноярск, 2003.

3. Родикова Л.Н., Недосеков А.Н. Организация и планирование работы портов и транспортных терминалов. Транспортно-технологические системы. Морские порты России: учеб. пособие. Красноярск: СФУ, 2010. 268 с.
4. Родикова Л.Н., Кучин А.В. Свидетельство об официальной регистрации № 2007613539 «Программа расчета издержек потребителя и полезного эффекта проектируемой техники» от 27.08.07.
5. Родикова Л.Н., Кривых А.Н. Свидетельство об официальной регистрации программы на ЭВМ № 2005612125 «Расчет экономической эффективности новой техники» от 19.08.05.
6. Родикова Л.Н. Организация и планирование работы морских портов и транспортных материалов: учеб. пособие. Красноярск: СФУ, 2007. 156 с.

References

1. Kriterii otsenki proektnykh i konstruktorskikh reshenii: Infopedia, 2016. URL: <https://infopedia.su>.
2. Rodikova L.N. Organizatsiya konstruktorskoj podgotovki proizvodstva. Krasnoyarsk, 2003.
4. Rodikova L.N., Nedosekov A.N. Organizatsiya i planirovanie raboty portov i transportnykh terminalov. Transportno-tehnologicheskie sistemy. Morskie porty Rossii: ucheb. posobie. Krasnoyarsk: SFU, 2010. 268 s.
5. Rodikova L.N., Kuchin A.V. Svidetel'stvo ob ofitsial'noi registratsii № 2007613539 «Programma rascheta izderzhek potrebitelya i poleznogo ehffekta proektiruemoi tekhniki» ot 27.08.07.
6. Rodikova L.N., Krivykh A.N. Svidetel'stvo ob ofitsial'noi registratsii programmy na EHVM № 2005612125 «Raschet ehkonomicheskoi ehffektivnosti novoi tekhniki» ot 19.08.05.
7. Rodikova L.N. Organizatsiya i planirovanie raboty morskikh portov i transportnykh materialov: ucheb. posobie. Krasnoyarsk: SFU, 2007. 156 s.

