

УДК 378.147.34

МЕТОДИКА АНАЛИЗА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ ПО КРИТЕРИЮ ИХ ЦИФРОВОЙ ОРИЕНТИРОВАННОСТИ

Расторгуев Дмитрий Александрович,

кандидат технических наук, доцент кафедры оборудования,
технологий машиностроительного производства,
rast_73@mail.ru

Левашкин Денис Геннадьевич,

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры оборудования,
технологий машиностроительного производства,
LevashkinD@gmail.com

Логинов Николай Юрьевич,

кандидат технических наук, доцент кафедры оборудования,
технологий машиностроительного производства, loginovnik@mail.ru

Козлов Антон Александрович,

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры оборудования,
технологий машиностроительного производства,
k.a.a80@bk.ru

Гуляев Вадим Анатольевич,

кандидат технических наук, доцент кафедры оборудования,
технологий машиностроительного производства,
colmy@tltsu.ru

Тольяттинский государственный университет,
Россия, 445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14.

В работе приведены результаты анализа образовательных программ вузов по направлению 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение производств». Для анализа были отобраны образовательные программы максимально соответствующие направлению, связанному с цифровизацией машиностроительного производства или разработкой технологического производства в условиях цифровизации его процессов. Оценка программ осуществлялась на основе таких критериев как соответствие набора формируемых знаний и умений видам инженерной деятельности в машиностроительной области, по части полноты охвата всех видов деятельности или где наблюдается акцентирование на направлении индустриальной цифровизации науки и техники, также осуществлялась оценка соответствия расположения дисциплин в учебном плане в последовательности этапов жизненного цикла продукта производства. Результатом анализа стала предложенная в работе методика комплексного исследования подходов образовательных организаций к формированию новых образовательных программ. Методика анализа позволяет определить характерные особенности тех программ, которые уже ориентированы на процессы цифровизации общества. Это позволяет понять какие новые инструменты цифровизации необходимо внедрять, как в образовательный процесс, так и в логику организационных процессов и процесс управления вузом. А также выявить вузам свои сильные и слабые стороны в процессе выстраивания собственной конкурентной модели образования на рынке образовательных услуг. Предложенная в работе методика оценки образовательных программ направлена в первую очередь на поиск решения в части определения собственно подхода к формированию образовательных программ при их разработке. Методика анализа позволяет определить «место» образовательной программы, как на этапе ее проектирования, так и на этапе ее внедрения на рынок. Исследование проводили путем построения для каждой анализируемой образовательной программы – диаграмм размаха и распределения качественных и количественных данных по каждому соответствующему блоку деятельности. Результаты исследования представлены в виде диаграмм, которые показывают медиану, нижний и верхний квартили, минимальное и максимальное значение выборки и выбросы внутри блока деятельности по каждой анализируемой образовательной программе. Методика позволяет определить содержание и наполнение программы по результатам оценки, и сформировать индивидуальный «профиль» разрабатываемой программы в каждом вузе.

Ключевые слова: образовательная программа, магистратура, цифровизация, онлайн-обучение, образовательный курс, модуль дисциплины, университет, жизненный цикл продукта, цифровые технологии, методика анализа.

Актуальность

Традиционный подход к проектированию образовательных программ, предполагает последовательное освоение теоретических модулей, в условиях цифровизации не обеспечивает требуемый уровень квалификации выпускников соответствующий реалиям современного рынка, в том числе для условий цифрового, динамично развивающегося, многономенклатурного производства. Сегодня переход к цифровой экономике в стране меняет идеологию обучения в стране, обеспечит студенту актуальный набор компетенций, доступ к современным знаниям в различных областях науки. Однако в условиях цифровизации образовательного процесса, производства в целом сложно однозначно ответить на вопрос каким должно быть современное образование, какие знания должен давать университет в условиях цифровой трансформации общества и его уклада в целом. И это не только крепкие фундаментальные знания и базовые общеинженерные компетенции, но и основы системного профессионального мышления специалиста. Это также, надпрофессиональные компетенции, умение быстро и самостоятельно осваивать современные технологии, находить и перерабатывать нужную информацию, это проектное и критическое мышление, умение работать в команде.

Проблемы высшего образования в области инженерной подготовки носят системный характер и определяются наложением нескольких факторов. Это массовость высшего образования при его коммерциализации и конкуренция на рынке образовательных услуг [1]. Это стремительно меняющиеся требования к выпускникам, которые с точки зрения производства должны иметь целый комплекс разносторонних качеств [2]. При этом из-за усложнения проектируемых и эксплуатируемых технологических и производственных систем и процессов [3] идет поиск новых подходов к формированию курсов обучения современных инженеров. Отмечается необходимость междисциплинарного подхода [4–6], включения курсов, выполняющих интегрирующую роль по отношению к отдельным дисциплинам [4], изменения содержания курсов с учетом современных трендов в машиностроении [7]. Делаются попытки анализа содержания программ обучения [8].

Идет поиск новых педагогические подходов [9] к обучению включая возможности

цифровых технологий. Различные сочетания реальных и виртуальных работ приводятся в [10, 11]. Идет анализ времени и характера работ при обучении с учетом современных образовательных цифровых технологий [12–14]. Используется многокритериальное, последовательное сквозное проектное обучение на основе выполнения сложных разработок, организацией совместной распределенной работой [15–18].

Для определения комплексных подходов к образовательному процессу при разработке новых образовательных программ (Программ), необходимо определить характерные особенности тех программ, которые уже ориентированы на процессы цифровизации общества. Также необходимо понять какие новые направления развития цифрового производства внедряются как в образовательный процесс, как это затрагивает логику выстраивания образовательных программ вузов.

Цель данной работы заключается в поиске методики анализа образовательной программы для эффективного построения ее структуры, формирования индивидуального облика образовательной программы с учетом запросов работодателя, в выявлении слабых и сильных сторон и определении направления развития на всех этапах реализации образовательной программы в эпоху цифровизации общества. Это позволит найти решение в сложившихся сегодня противоречиях между предприятиями и вузами. Суть в том, что предприятия, как и университет, представлены общим рынком, где университет выступает как поставщик кадров, имеющих определенный рыночный потенциал, и конкурирует в этой ситуации с другими вузами, а предприятия реального сектора экономики находятся в конкурентной среде друг относительно друга, в том числе в части поиска вузов для подготовки кадров. Для правильной организации взаимодействия сторон в этом процессе необходимо понимать, что у каждого предприятия как участника рынка имеется собственная программа развития, в том числе, как относительно развития кадрового потенциала, так и экономического аспекта. С другой стороны, вузы также имеют собственную стратегию и программу развития. Благоприятной для взаимодействия будет ситуация, когда программы развития обеих сторон накладываются друг на друга и (или) подготовлены в едином ключе, что на практике трудно реализовать

в текущей экономической обстановке, это также справедливо и для вновь создаваемых образовательных Программ. Именно основываясь на общих принципах цифровизации как со стороны вуза так и предприятия открываются новые возможности для расширения взаимодействия, и формируются совместные условия для преодоления приведенных противоречий.

Методика исследования

Методика анализа включала мероприятия по оценке соответствия получаемых знаний и умений видам инженерной деятельности в машиностроительной области актуальных условиях цифровизации отрасли, в части полноты охвата всех видов деятельности или где наблюдается акцентирование на каком-либо направлении. Проводили оценку последовательности расположения дисциплин в учебном плане согласно основным этапам жизненного цикла продукта машиностроительного производства. Отнесение конкретной дисциплины к какому-либо этапу анализа проводилось субъективно по наименованию дисциплины и примерному ее содержанию. Для более точного анализа на последующих этапах работы запланирована оценка содержания модулей-тем каждого курса, этот этап в данной работе не проводился. В качестве дисциплин по выбору принимались дисциплины имеющие большее отношение к проектированию машиностроительного производства или цифровизации производства. Исходные данные для анализа были сведены в единый массив данных (данные доступны по ссылке <https://drive.google.com/file/d/1V1udLP-qzvOt2Yzc2HT8ePcmvWc6wgut/view?usp=sharing>), который для простоты обработки был приведен к табличному, а потом матричному виду, где количественные параметры (часы) и виды работ по всем программам были проранжированы.

Анализировали программы университетов (были выбраны произвольно): СТАНКИН (направленность: Компьютерное проектирование мехатронных технологических систем); Московский политехнический университет (Технология машиностроения) – МПУ; Самарский Государственный технический университет – СамГТУ; Донской государственный технический университет (направленность Конструирование машин и оборудования) – ДГТУ; Московский государственный тех-

нический университет имени Н.Э. Баумана – МГТУ; Тольяттинский государственный университет – ТГУ.

Анализ проводили по следующим видам работ: КПП – конструкторская подготовка производства; ТПП – технологическая подготовка производства; НИР – научно-исследовательская деятельность; ПП – производственный процесс (специализация или на управлении и организации производством или на обслуживании и ремонте). Также – социальные (гуманитарный блок) и цифровизация (дисциплины, связанные с использованием цифровых систем и методов).

Далее дисциплины группировали в блоки по признакам подобия. И присваивали блоку наименование ключевым словом или сочетанием слов. Например, ряд дисциплин были объединены в блок «Жизненный цикл продукта» (ЖЦ), включая: НИОКР 1 – общая методика проектирования; НИОКР 2 – инженерные расчеты, включая САЕ; КПП 1 – методика конструирования технологических систем; КПП 2 – системы автоматизированного проектирования (САПР); ТПП 1 – общая методика проектирования производств; ТПП 2 – проектирование оборудования, оснастки; ТПП 3 – технологии; ТПП 4 – САПР ТП (CAD/CAM), автоматизация, станки с ЧПУ; ПП 1 – метрология, качество; ПП 2 – управление и организация производства; ПП 3 – надежность систем; Э 1 – ремонт.

Анализ распределения аудиторных часов на каждую дисциплину проводили по всем блокам, кроме социального, включающего языковую подготовку, психологию, риторику и т. д., хотя на всех видах графиков он будет указан (рис. 1). Результаты распределения для соответствующего блока по видам деятельности представлены в виде диаграммы размаха, которая показывает медиану, нижний и верхний квартили, минимальное и максимальное значение выборки и выбросы внутри блока.

Апробация исследования

Согласно полученным данным (рис. 1 и 2) распределение основной доли часов приходится на дисциплины, связанные с технологической подготовкой производства (ТПП). Чуть меньше приходится на цифровые системы и методы (цифровизация). Причем по разбросу последняя имеет наименьшее значение, а блок ТПП наибольшее. Следующий по значимости блок – проектирование (КПП).

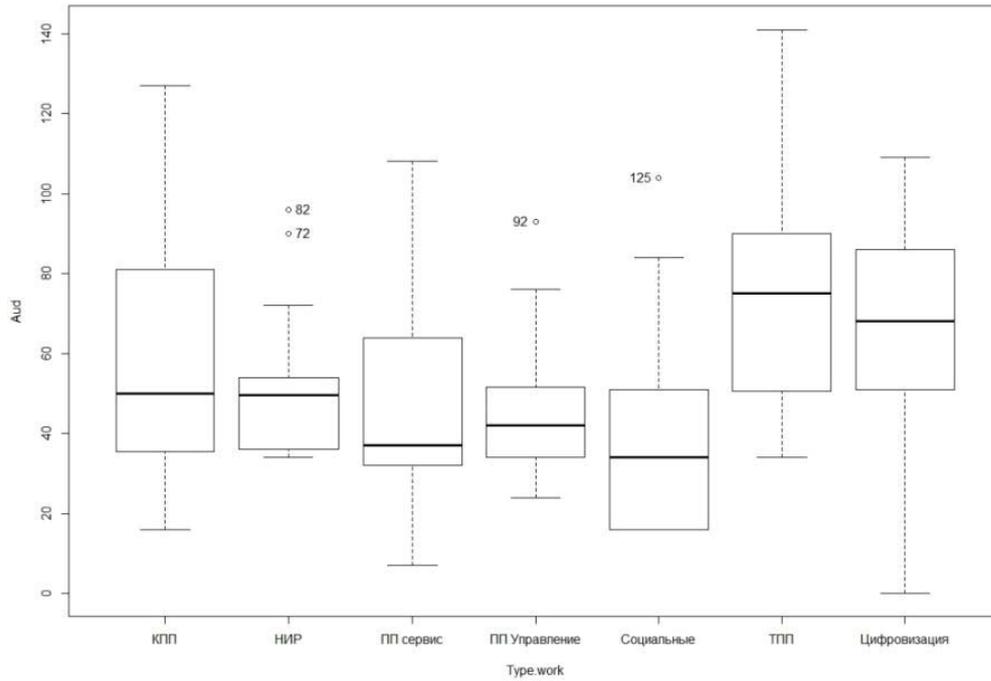


Рис. 1. Распределение аудиторных часов дисциплин по видам работ

Fig. 1. Distribution of classroom hours of disciplines by type of work

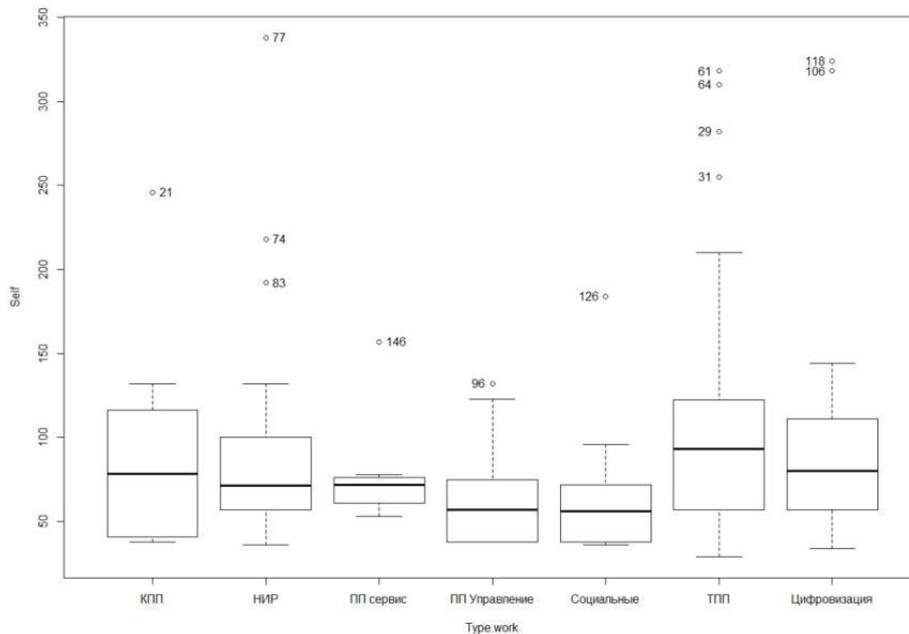
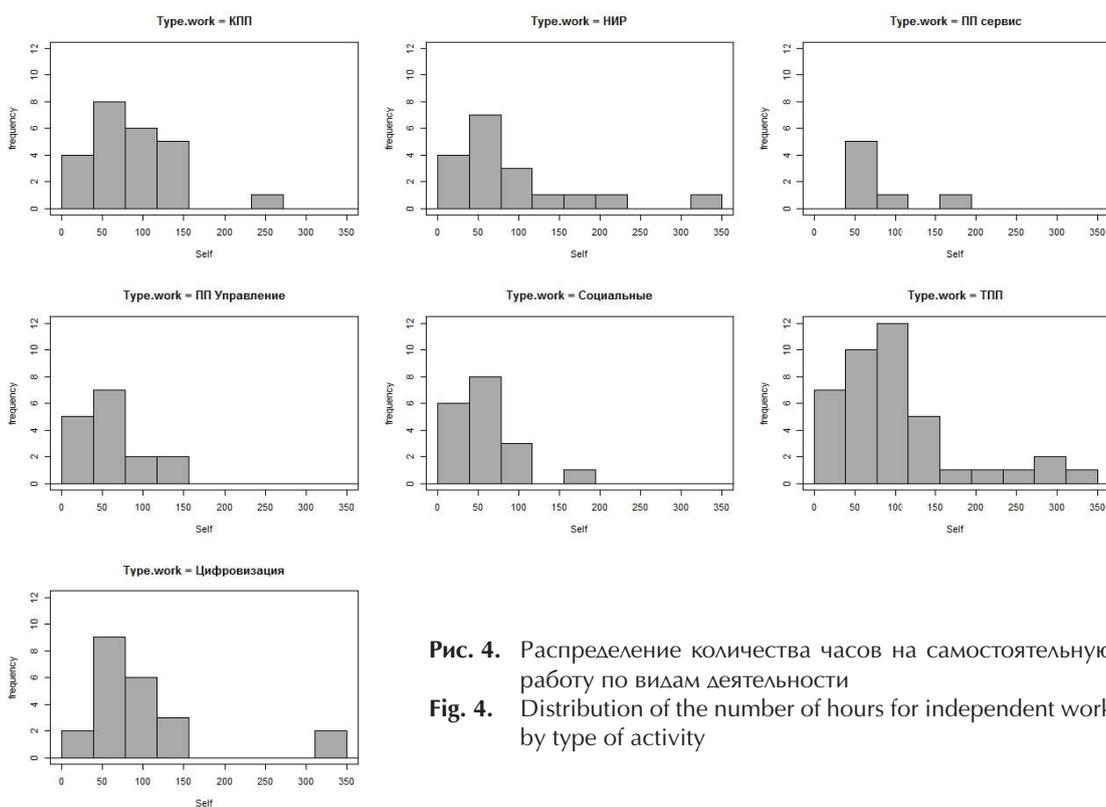
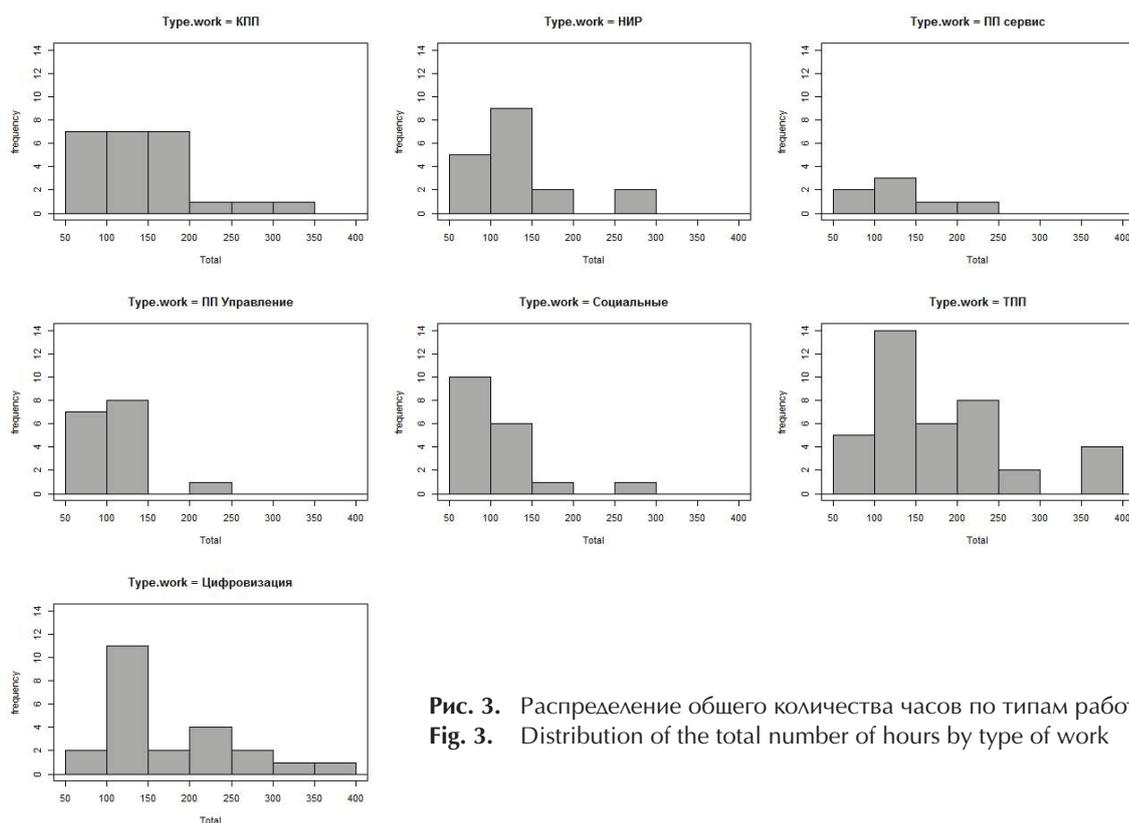


Рис. 2. Распределение часов самостоятельной работы по дисциплинам

Fig. 2. Distribution of hours of independent work by discipline

По медиане с ним сопоставим блок научных исследований, и по разбросу часов он более стабилен. Наименьшее количество часов на предмет имеют дисциплины по реализации производственного процесса – управлению и обслуживанию. Последний блок дисциплин ПП сервис (производственный процесс – надежность, ремонт) имеет высокую медиану благодаря большому количеству часов аудиторных занятий в СамГТУ и в ДГТУ.

На рис. 3 показано распределение общего количества часов по видам работ. Как видно, дисциплины, связанные с ТПП, НИР, цифровизацией и ПП имеют большинство предметов в диапазоне 100–150 ч. В блоке КПП три вуза (ТГУ, МГТУ и ДГТУ) обеспечили наличие курсов с большим количеством часов. В большинстве вузов количество часов больше на технологические дисциплины (от 100 до 250 ч).



Показательно, что по блоку цифровизации производства в распределении количества часов приходится малое число курсов. Аналогичная картина оказалась с самостоятельной работой (рис. 4).

Видно, что большое количество часов на самостоятельную работу остается в технологическом цикле, а в конструкторском и цифровом имеет ограничение связанное с обеспечением возможности работы магистров

на соответствующем программном обеспечении. Доля НИР на самостоятельную работу высокая (свыше 100 ч), что логично с точки зрения самостоятельного проведения научных исследований.

На следующем этапе проводили анализ распределения общего количества часов по блокам дисциплин. Как видно из рис. 5 – вузы сбалансировано подходят к формированию гуманитарного блока, экономике, методам

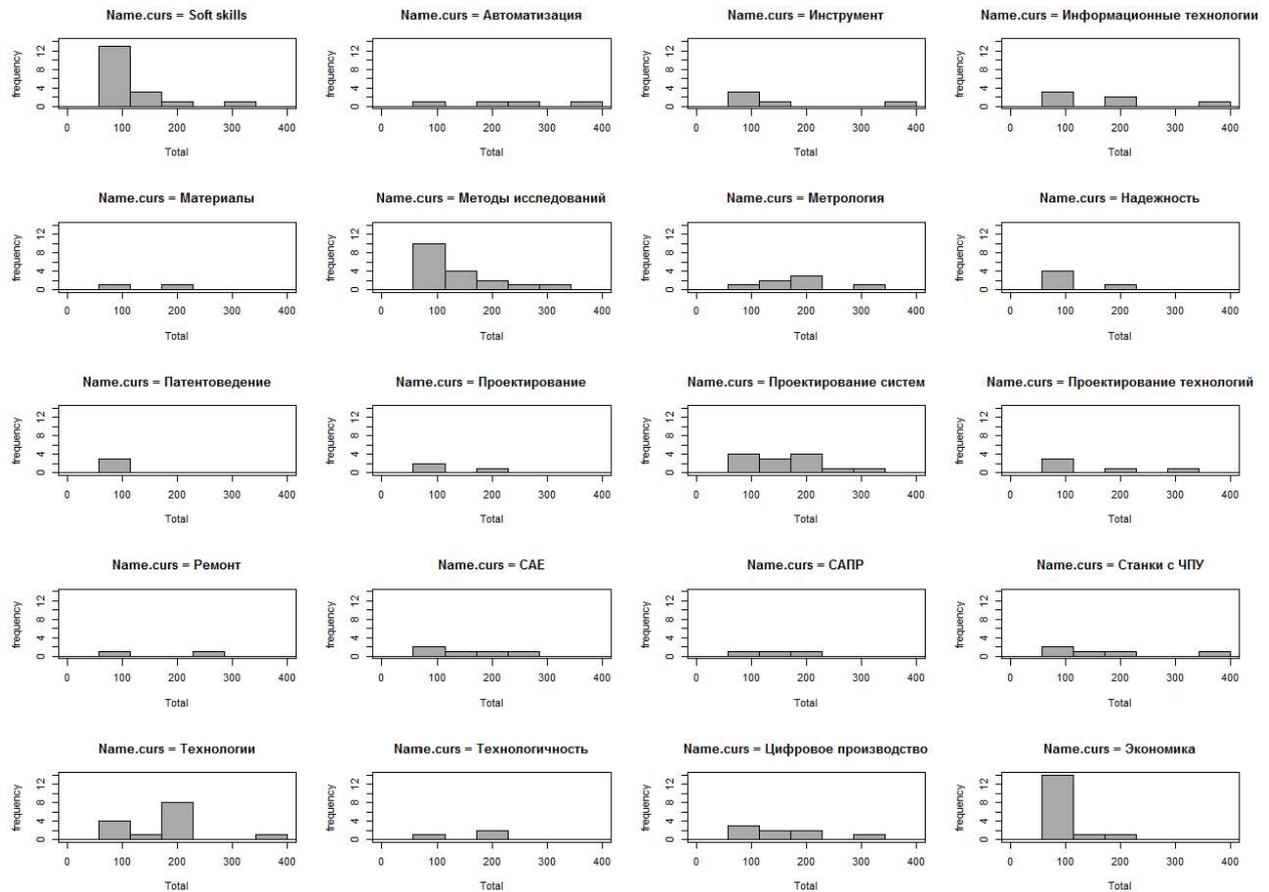


Рис. 5. Распределение общего количества часов по блокам дисциплин
 Fig. 5. Distribution of the total number of hours by discipline blocks

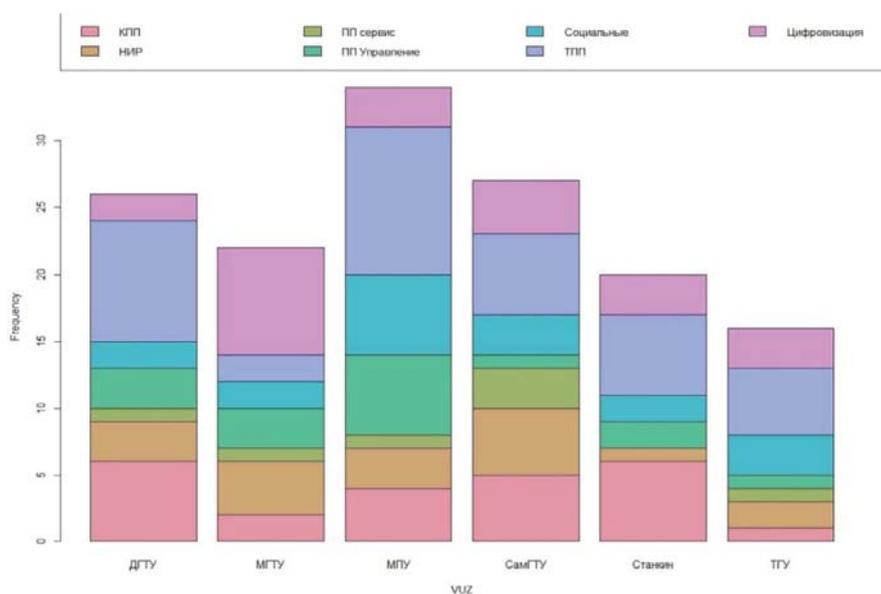


Рис. 6. Частота по общим часам на дисциплину по вузам для различных видов работ
 Fig. 6. Frequency by total hours per discipline by universities for various types of work

исследований и проектированию систем. Остальные курсы имеют значительный размах без какой-либо упорядоченности.

Высокий размах по распределению часов связан как со специализацией вузов в определенной области деятельности, так и с проводимой работой с предприятиями определенного машиностроительного профиля. Более явно это видно из рис. 6. На рис. 7 показана доля дисциплин каждого вида деятельности по вузам и наоборот – сравнительная диаграмма, которая показывает долю по дисциплинам в соответствующих видах работ по вузам.

По анализу относительной доли дисциплин для программы ТГУ (рис. 7) видно преобладание исследовательской, социально-гуманитарной (связано с языковой подготовкой и методологией науки), технологической и цифровой деятельности.

Более высокая относительная доля по цифровизации наблюдается в СамГТУ из-за большого количества предметов, связанных с расчетами по специализированным методам обработки (литье) и в МГТУ из-за специфики самого направления подготовки, связанного с цифровым управлением жизненного цикла (рис. 8).

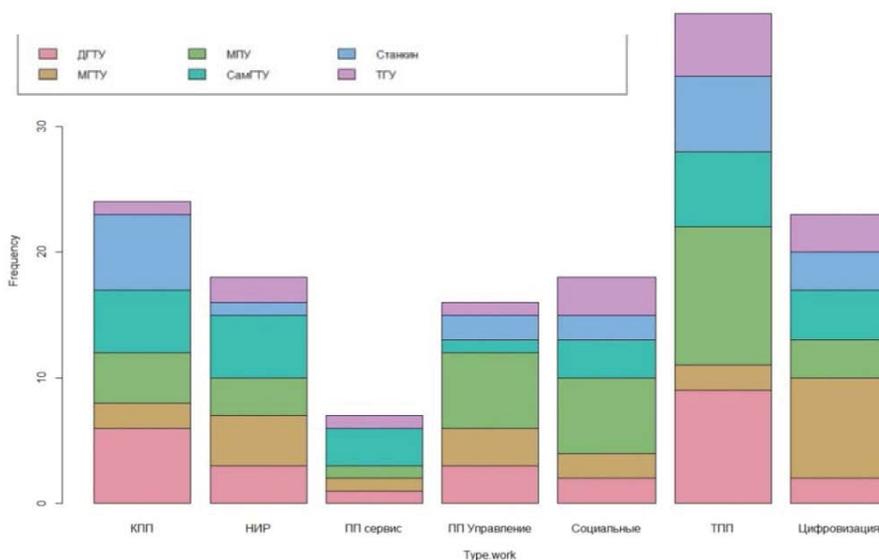


Рис. 7. Частота по часам по видам работ для различных вузов
Fig. 7. frequency by hours by type of work for different universities

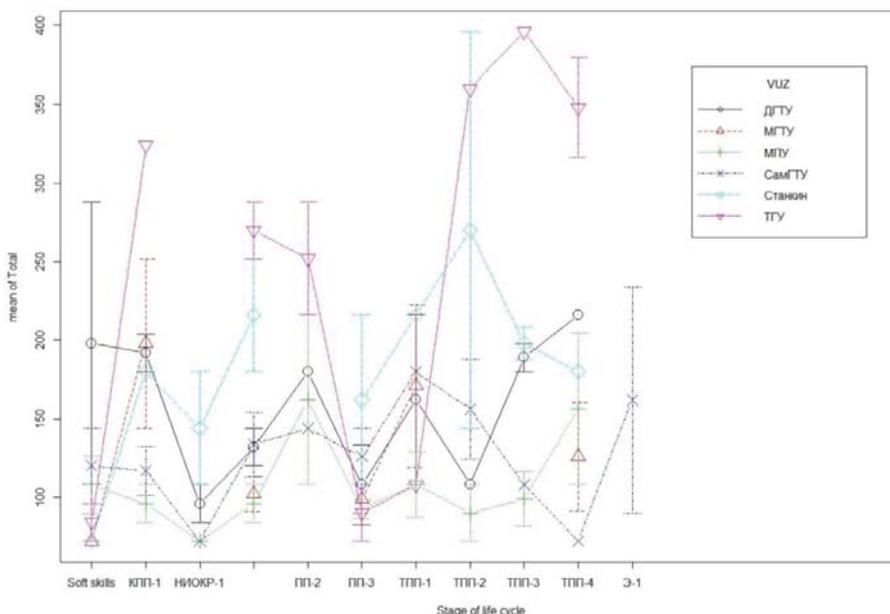


Рис. 8. Распределение средних значений с разбросом общего количества часов на дисциплины по этапам жизненного цикла
Fig. 8. Distribution of average values with a spread of the total number of hours for disciplines by stages of the life cycle

Самые ёмкие по часам дисциплины в программе – по общему проектированию (КПП-1), проектированию технологических систем (ТПП-2), технологиям (ТПП-3) и цифровизации (ТПП-4). По остальным направлениям программа ТГУ соответствует общим трендам по внедрению курсов, изучающих цифровизацию производственных процессов (рис. 9).

На рис. 10 видно, что общий подход к социальным и управленческим блоками имеет несколько ярко выраженных пиков, которые отражают разный подход в вузах. Остальные направления более сглажены, но разброс по часам довольно широкий.

По дисциплинам преобладают языковые предметы. Ремонт и обслуживание, как уже говорилось, имеют большую долю из-за двух

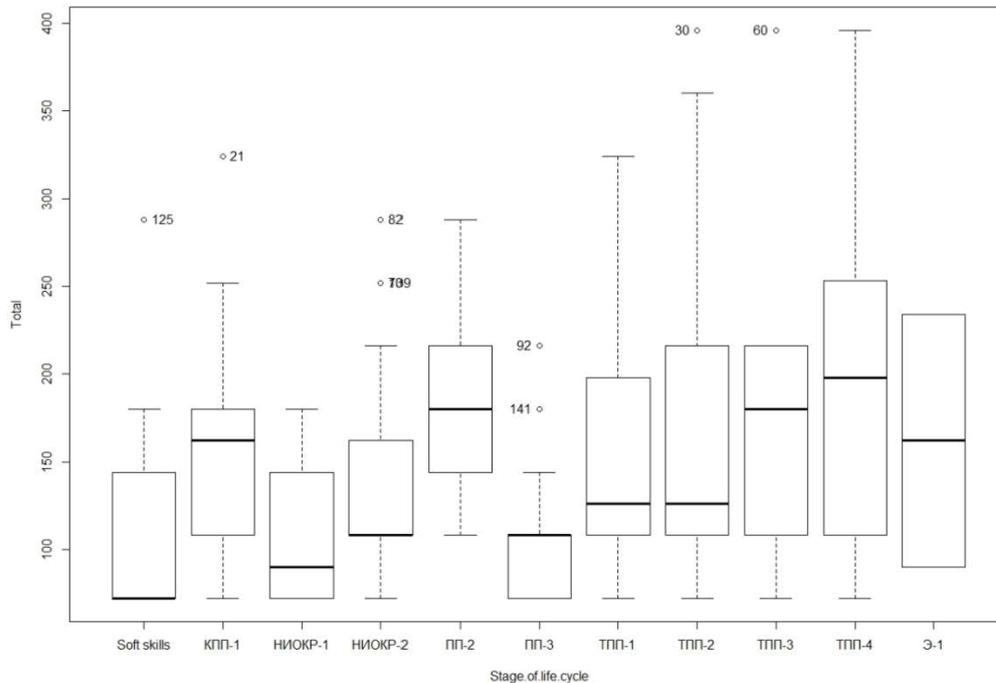


Рис. 9. Диаграммы размаха общего количества часов на дисциплины по этапам жизненного цикла
Fig. 9. Diagrams of the range of the total number of hours for disciplines by stages of the life cycle

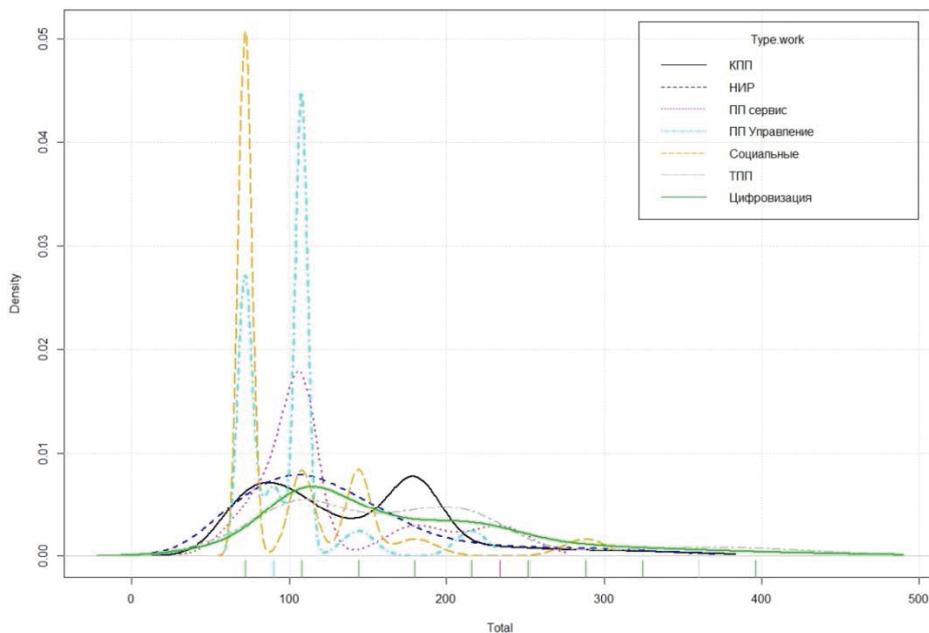


Рис. 10. Плотности распределения общего количества часов на дисциплины по направлениям
Fig. 10. Density of distribution of the total number of hours for disciplines by areas

вузов (ДГТУ и СамГТУ), где на них выделено очень большое количество часов. Также выделяются блоки дисциплин, связанных с цифровизацией производственных процессов, моделированием и проведением научных исследований.

Если рассмотреть укрупненно блоки дисциплин, то выделяются курсы, формирующие надпрофессиональные навыки, экономика, технологии, проектирование систем, методы исследований. Если суммировать часы по курсам, связанным с CAD/CAM/CAE, цифровизацией, автоматизацией, то получим самый крупный сегмент часов. Исходя из этого, такое распределение курсов можно считать сбалансированным.

Выводы

В работе предложена методика комплексного анализа образовательных программ которая позволяет:

1) выполнить независимую оценку направленности любой образовательной программы по выбранному критерию, например, цифровизации;

2) применить полученные по результатам анализа образовательной программы данные для разработки собственного «профиля» образовательной программы, как на этапе ее внедрения, так и на этапе ее актуализации;

3) провести качественную и количественную характеристику нескольких образовательных программ основываясь на построении диаграмм распределения и размаха, которые определяют показатели медианы,

нижний и верхний квартили, минимальное и максимальное значение выборки и разброс внутри каждого блока деятельности образовательной программы.

Дальнейшим развитием предложенной методики можно считать оценку содержания модулей-тем каждого курса, образовательной программы, это позволит выполнить сравнение образовательных программ путем «среза» по распределению тем, разделов, модулей внутри каждой дисциплин в отдельности.

Апробация предложенной в работе методики комплексного анализа образовательных программ позволила сделать заключение:

1. В целом по балансу часов, приходящихся на дисциплины, соответствующие определенному виду деятельности, программы магистерской подготовки различных вузов соответствуют трендам цифровизации образовательных программ.

2. В сравниваемых образовательных программах преобладают блоки дисциплин, связанные с проектированием технологических процессов, конструированием и цифровизацией, что позволяет дать положительную оценку уровню их соответствия современным требованиям.

3. Для более эффективной реализации программы обучения, дисциплины по данным видам деятельности должны быть выстроены в порядке прохождения процессов на этапах «жизненного цикла» с приоритетом на направлениях, отвечающих интересам вуза и реализующих программу, и предприятий, сотрудничающих с ним.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чучалин А., Боев О., Криушова А. Качество инженерного образования: мировые тенденции в терминах компетенций // Высшее образование в России. – 2006. – № 8. – С. 9–17.
2. Иванов В.Г., Зиятдинова Ю.Н. Международный форум Американского общества по инженерному образованию (2014 г., июнь) // Высшее образование в России. – 2014. – № 8–9. – С. 65–75.
3. Конкурс «Развитие – НТИ». URL: <http://science.npi-tu.ru/storage/app/media/2017/docs/Tehnet.pdf> (дата обращения: 12.10.2020)
4. Ian T. Cameron, Sebastian Engell, Christos Georgakis, Norbert Asprion, Dominique Bonvin, Furong Gao, Dimitrios I. Gerogiorgis, Ignacio E. Grossmann, Sandro Macchietto, Heinz A. Preisig, Brent R. Young Education in Process Systems Engineering: Why it matters more than ever and how it can be structured // Computers & Chemical Engineering. – 2019. – Vol. 126. – P. 102–112. URL: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.03.036> (дата обращения: 12.10.2020)
5. Zaki Sari, A New Curriculum for Manufacturing & Industrial Engineering and Engineering Management for BS and MS Degrees // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2013. – Vol. 102. – P. 560–567.
6. Matthew Lynch, Uladzimir Kamovich, Kjersti K. Longva, Martin Steinert Combining technology and entrepreneurial education through design thinking: Students' reflections on the learning process // Technological Forecasting and Social Change. – 2019. URL: https://www.researchgate.net/publication/334271078_Combining_technology_and_entrepreneurial_education_through_design_thinking_Students'_reflections_on_the_learning_process (дата обращения: 12.10.2020)

7. Guerrero Martín Palma, Gerson La Rosa Developing Competences in Engineering Students. The Case of Project Management Course // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. – 2014. – Vol. 112. – P. 832–841.
8. Kamyar Raoufi, Arvind Shankar Raman, Karl R. Haapala, Brian K. Paul Benchmarking Undergraduate Manufacturing Engineering Curricula in the United States // *Procedia Manufacturing*. – 2018. – Vol. 26. – P. 1378–1387.
9. Tina Tvenge, Olga Ogorodnyk Development of evaluation tools for learning factories in manufacturing education // *Procedia Manufacturing*. – 2018. – Vol. 23. – P. 33–38.
10. Harun Chowdhury, Firoz Alam, Israt Mustary Development of an innovative technique for teaching and learning of laboratory experiments for engineering courses // *Energy Procedia*. – 2019. – Vol. 160. – P. 806–811.
11. Joshua Grodotzki, Tobias R. Ortelt, A. Erman Tekkaya Remote and Virtual Labs for Engineering Education 4.0: Achievements of the ELLI project at the TU Dortmund University // *Procedia Manufacturing*. – 2018. – Vol. 26. – P. 1349–1360.
12. Чучалин А.И. Инженерное образование в эпоху индустриальной революции и цифровой экономики // *Высшее образование в России*. – 2018. – № 10. – С. 47–62.
13. Чучалин А.И. Модернизация трёхуровневого инженерного образования на основе ФГОС 3 + и CDIO // *Высшее образование в России*. – 2018. – № 4. – С. 22–32.
14. Чучалин А.И., Данейкина Н.В. Адаптация подхода CDIO к магистратуре и аспирантуре // *Высшее образование в России*. – 2017. – № 4. – С. 17–25.
15. Yongtae Do Self-selective multi-objective robot vision projects for students of different capabilities // *Mechatronics*. – 2013. – No. 23. – P. 974–986. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mechatronics.2012.11.003>
16. Carina Fresemanna, Rainer Starke, Roy Damgraveb, Nathalie Bekkeringb, Eric Luttersb Distributed Product Design in Educational Programms // *Procedia: CIRP*. – 2018. – No. 70. – P. 344–349.
17. Amin Mirkouei, Raunak Bhinge, Chris McCoy, Karl R. Haapala1, David A. Dornfeld Pedagogical Module Framework to Improve Scaffolded Active Learning in Manufacturing // *Procedia Manufacturing*. – 2016. – Vol. 5. – P. 1128–1142.
18. Paolo Ciancarini, Marcello Missiroli, Daniel Russo Cooperative Thinking: Analyzing a new framework for software engineering education // *The Journal of Systems and Software*. – 2019. – Vol. 157. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2019.110401> (дата обращения: 12.10.2020)

Дата поступления: 15.10 2020

UDC 378.147.34

ANALYSIS TECHNIQUE FOR EDUCATIONAL PROGRAMS BY THE CRITERION OF THEIR DIGITAL ORIENTATION

Dmitriy A. Rastorguev,

Cand. Sc., Associate Professor of Department of equipment and technologies of mechanical production,
rast_73@mail.ru

Denis G. Levashkin,

Cand. Sc., Associate Professor of Department of equipment and technologies of mechanical production,
LevashkinD@gmail.com

Nikolay Yu. Loginov,

Cand. Sc., Associate Professor of Department of equipment and technologies of mechanical production,
loginovnik@mail.ru

Anton A. Kozlov,

Cand. Sc., Associate Professor of Department of equipment and technologies of mechanical production,
k.a.a80@bk.ru

Vadim A. Gulyaev,

Cand. Sc., Associate Professor of Department of equipment and technologies of mechanical production,
colmy@tltso.ru

Togliatti State University,
14, Belorusskaya str., Togliatti, 445020, Russia.

The paper presents the results of the analysis of educational programs of universities in the direction 15.04.05 "Design and technological support of production". For the analysis, educational programs were selected as closely as possible to the direction associated with the digitalization of engineering production or the development of technological production in the context of the digitalization of its processes. The evaluation of the programs was carried out on the basis of such criteria as the correspondence of the set of formed knowledge and skills to the types of engineering activities in the machine-building field, in terms of the completeness of the coverage of all types of activities or where there is an emphasis on the direction of industrial digitalization of science and technology; sequence of stages of the life cycle of a product of production. The result of the analysis was the proposed methodology for a comprehensive study of the approaches of educational organizations to the formation of new educational programs. The analysis method allows us to determine the characteristic features of those programs that are already focused on the processes of digitalization of society. This makes it possible to understand what new digitalization tools need to be introduced, both in the educational process and in the logistics of organizational processes and the university management process. And also to reveal to universities their strengths and weaknesses in the process of building their own competitive education model in the educational services market. The proposed methodology for evaluating educational programs is aimed primarily at finding a solution in terms of determining the actual approach to the formation of educational programs in their development. The analysis method allows to determine the "place" of the educational program, both at the stage of its design and at the stage of its introduction into the market. The study was carried out by constructing for each analyzed educational program diagrams of the scope and distribution of qualitative and quantitative data for each corresponding block of activity. The results of the study are presented in the form of diagrams that show the median, lower and upper quartiles, minimum and maximum values of the sample, and outliers within the block of activities for each analyzed educational program. The methodology allows you to determine the content and content of the program based on the results of the assessment, and to form an individual "profile" of the developed program in each university.

Key words: educational program, master's degree, digitalization, online learning, educational course, discipline module, university, product life cycle, digital technologies, analysis method.

REFERENCES

1. Chuchalin A., Boyev O., Kriushova A. Kachestvo inzhenernogo obrazovaniya: mirovyye tendentsii v terminakh kompetentsiy [The quality of engineering education: global trends in terms of competencies]. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii*. 2006, no. 8, pp. 9–17.
2. Ivanov V.G., Ziyatdinova Yu.N. Mezhdunarodnyy forum Amerikanskogo obshchestva po inzhenernomu obrazovaniyu (2014 g., iyun) [International Forum of the American Society for Engineering Education (2014, June)]. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii*. 2014, no. 8–9, pp. 65–75.
3. Konkurs «Razvitiye – NTI» [Competition «Development – NTI»]. Available at: <http://science.npi-tu.ru/storage/app/media/2017/docs/Tehnet.pdf> (accessed: 12.10.2020).
4. Ian T. Cameron, Sebastian Engell, Christos Georgakis, Norbert Asprien, Dominique Bonvin, Furong Gao, Dimitrios I. Gerogiorgis, Ignacio E. Grossmann, Sandro Macchietto, Heinz A. Preisig, Brent R. Young Education in Process Systems Engineering: Why it matters more than ever and how it can be structured. *Computers & Chemical Engineering*. 2019, Vol. 126, pp. 102–112. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.03.036> (accessed: 12.10.2020).
5. Zaki Sari, A New Curriculum for Manufacturing & Industrial Engineering and Engineering Management for BS and MS Degrees. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2013, Vol. 102, pp. 560–567.
6. Matthew Lynch, Uladzimir Kamovich, Kjersti K. Longva, Martin Steinert Combining technology and entrepreneurial education through design thinking: Students' reflections on the learning process. *Technological Forecasting and Social Change*. 2019. Available at: https://www.researchgate.net/publication/334271078_Combining_technology_and_entrepreneurial_education_through_design_thinking_Students'_reflections_on_the_learning_process (accessed: 12.10.2020).
7. Guerrero Martın Palma, Gerson La Rosa Developing Competences in Engineering Students. The Case of Project Management Course. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2014, Vol. 112, pp. 832–841.
8. Kamyar Raoufi, Arvind Shankar Raman, Karl R. Haapala, Brian K. Paul Benchmarking Undergraduate Manufacturing Engineering Curricula in the United States. *Procedia Manufacturing*. 2018, Vol. 26, pp. 1378–1387.
9. Tina Tvenge, Olga Ogorodnyk Development of evaluation tools for learning factories in manufacturing education. *Procedia Manufacturing*. 2018, Vol. 23, pp. 33–38.
10. Harun Chowdhury, Firoz Alam, Israt Mustary Development of an innovative technique for teaching and learning of laboratory experiments for engineering courses. *Energy Procedia*. 2019, Vol. 160, pp. 806–811.
11. Joshua Grodotzki, Tobias R. Ortelt, A. Erman Tekkaya Remote and Virtual Labs for Engineering Education 4.0: Achievements of the ELLI project at the TU Dortmund University. *Procedia Manufacturing*. 2018, Vol. 26, pp. 1349–1360.
12. Chuchalin A.I. Inzhenernoye obrazovaniye v epokhu industrialnoy revolyutsii i tsifrovoy ekonomiki [Engineering education in the era of the industrial revolution and the digital economy]. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii*. 2018, no. 10, pp. 47–62.
13. Chuchalin A.I. Modernizatsiya trokhurovnevnogo inzhenernogo obrazovaniya na osnove FGOS 3 + i CDIO [Modernization of three-level engineering education on the basis of FSES 3 + and CDIO]. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii*. 2018, no. 4, pp. 22–32.
14. Chuchalin A.I., Daneykina N.V. Adaptatsiya podkhoda CDIO k magistrature i aspiranture [Adapting the CDIO Approach to Master and Postgraduate Studies]. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii*. 2017, no. 4, pp. 17–25.
15. Yongtae Do Self-selective multi-objective robot vision projects for students of different capabilities. *Mechatronics*. 2013, no. 23, pp. 974–986. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mechatronics.2012.11.003>
16. Carina Fresemanna, Rainer Starka, Roy Damgraveb, Nathalie Bekkeringb, Eric Luttersb Distributed Product Design in Educational Programms. *Procedia: CIRP*. 2018, no. 70, pp. 344–349.
17. Amin Mirkouei, Raunak Bhinge, Chris McCoy, Karl R. Haapala1, David A. Dornfeld Pedagogical Module Framework to Improve Scaffolded Active Learning in Manufacturing. *Procedia Manufacturing*. 2016, Vol. 5, pp. 1128–1142.
18. Paolo Ciancarini, Marcello Missiroli, Daniel Russo Cooperative Thinking: Analyzing a new framework for software engineering education. *The Journal of Systems and Software*. 2019, Vol. 157. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jss.2019.110401> (accessed: 12.10.2020).

Received: 15.10 2020