

УДК 372.8:62

ОПЫТ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОГРАММ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В СУРГУТСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

А. В. Запевалов, Л. Ю. Запевалова
Сургутский государственный университет
zapev@mail.ru, larzap@list.ru

В 2017 г. Сургутский государственный университет вошел в состав участников инициативы CDIO. Сотрудники кафедры автоматизации и компьютерных систем первыми в университете приступили к реализации образовательных программ в соответствии с положениями Всемирной инициативы инженерного образования CDIO. Кафедра ведет подготовку по двум направлениям: «Управление в технических системах» и «Программная инженерия». Изучение и анализ принципов организации инициативы CDIO повлекли за собой изменения в стратегии реализации образовательных программ. Наиболее эффективная коррекция векторов управления образовательными программами станет возможна после первого выпуска студентов и опроса стейкхолдеров образовательных программ о результатах обучения.

Ключевые слова: инженерное образование, проектная деятельность.

EXPERIENCE OF COMPLEX MODERNIZATION OF ENGINEERING EDUCATION PROGRAMS AT SURGUT STATE UNIVERSITY

A. V. Zapevalov, L. Yu. Zapevalova
Surgut State University
zapev@mail.ru, larzap@list.ru

Surgut State University became a member of the CDIO initiative in 2017. The Department of Automation and Computer Systems is the first in the University that began implementation of educational programs according to the CDIO standards. The Department provides two education programs: “Control in engineering systems” and “Software engineering”. Research and analysis of the CDIO initiative’s organizational principles caused changes in the implementation strategy of education programs. The more efficient improvement of education programs will be possible after the first students’ graduation and the survey of the stakeholders about the learning outcomes of the graduates.

Keywords: engineering education, project activities.

Оценка исходного состояния образовательных программ «Управление в технических системах» и «Программная инженерия». В традиционном отечественном инженерном образовании, как правило, основной акцент делается на формирование компетенций в области инженерной деятельности и инструментария. Однако в условиях современного состояния развития инженерной деятельности и предпринимательства этого недостаточно. Возникает потребность в развитии у выпускников вузов новых компетенций категории soft skills и навыков командной проектной деятельности. Концепция всемирной инициативы инженерного образования определяет принципы организации образовательного процесса, позволяющие выпускать квалифицированных инженеров, отвечающих требованиям рынка и инженерного сообщества [1–5].

Концепция инициативы CDIO направлена на установление правильного соотношения теории и практики в современном инженерном образовании. Достижение концептуальной цели осуществляется за счет модернизации содержания образовательных программ в соответствии с уровнем развития современных технологий и требованиями работодателей. Основной модернизацией инженерного образования, согласно концепции CDIO, является подготов-

ка выпускников к комплексной инженерной деятельности в соответствии с моделью «Conceive – Design – Implement - Operate», которая включает:

1. Conceive (планирование) – изучение потребностей в продуктах инженерной деятельности и возможностей их удовлетворения, планирование производства продукции – технических объектов, систем и технологических процессов, проектный менеджмент разработки и производства продуктов.

2. Design (проектирование) – проектирование продуктов инженерной деятельности на дисциплинарной и междисциплинарной основе.

3. Implement (производство) – производство продуктов инженерной деятельности, в том числе аппаратуры и программного обеспечения, их интеграция, проверка, испытание и сертификация продукции.

4. Operate (применение) – применение продуктов инженерной деятельности, управление их жизненным циклом и утилизация.

Изучение и анализ принципов организации инициативы CDIO повлекли изменения в стратегии реализации образовательных программ по направлениям «Управление в технических системах» (далее – УТС) и «Программная инженерия» (далее – ПИ).

Для определения векторов изменений образовательных программ (далее – ОП) осуществлена оценка состояния существующих ОП. Положения инициативы регламентируются 12 стандартами [6–7], их перечень приведен в табл. 1.

Таблица 1

Стандарты всемирной инициативы CDIO

Стандарт	Формулировка
1	CDIO как контекст инженерного образования
2	Результаты обучения CDIO
3	Интегрированный учебный план
4	Введение в инженерную деятельность
5	Опыт ведения проектно-внедренческой деятельности
6	Рабочее пространство для инженерной деятельности
7	Интегрированное обучение
8	Активные методы обучения
9	Совершенствование CDIO компетенций преподавателей
10	Совершенствование педагогических компетенций преподавателей
11	Оценка обучения
12	Оценка программы CDIO

Для каждой образовательной программы производится самооценка текущего состояния по 12 стандартам CDIO. Оценка проводится по критериям, представленным в табл. 2.

Таблица 2

Модель оценки уровней соответствия стандартам CDIO

Оценка (в баллах)	Критерий
5	Доказательство выполнения требований стандарта регулярно пересматривается и используется для внесения улучшений
4	Существует документированное доказательство полного внедрения и влияния требований стандарта на отдельные компоненты программы
3	Выполнение плана по приведению в соответствие всех компонентов программы требованиям стандарта ожидается в ближайшем будущем
2	Разработан план по приведению в соответствие с требованиями стандарта
1	Существует потребность в принятии требований стандарта и проводятся соответствующие мероприятия
0	Отсутствует документированный план или не проводятся мероприятия, относящиеся к Стандарту

Результаты оценки по состоянию на 01.02.2017 г., соответствующие началу процесса вступления во всемирную инициативу CDIO, показаны на рисунке 1.

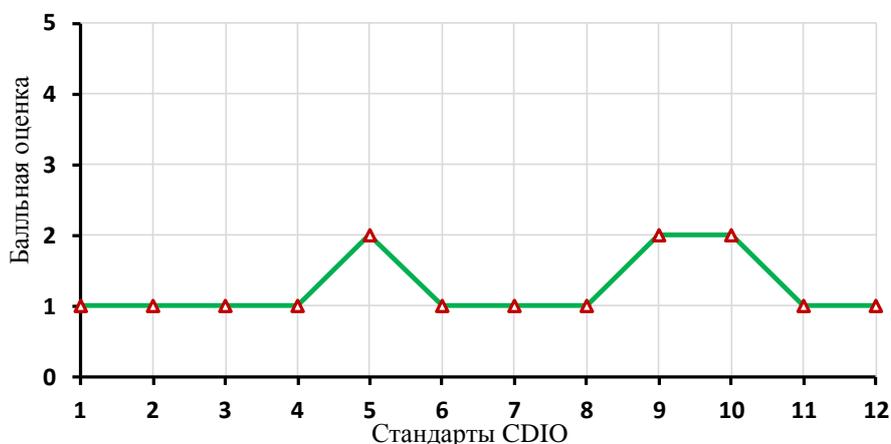


Рис. 1. Исходный результат самооценки соответствия образовательных программ УТС и ПИ требованиям стандартов CDIO

Показатели динамики изменения оценок в процессе адаптации образовательных программ к стандартам CDIO. Первый этап модернизации ОП «Управление в технических системах» и «Программная инженерия» завершен. В результате проведенных мероприятий достигнуты прогрессивные изменения в программах. Детализация изменений представлена ниже.

Стандарт 1. CDIO как контекст инженерного образования. Как отмечалось выше, традиционные ОП кафедры автоматике и компьютерных систем (далее – АиКС) основаны на знании процессов инженерного творчества и сути технических систем. Исходный уровень оценен на 1 балл, поскольку он был не адаптирован под CDIO.

В процессе работы состоялось принятие принципов CDIO большинством преподавателей, участвующих в реализации ОП. Особенно важно то, что руководство университета оказывает стабильную эффективную поддержку в деле внедрения CDIO и обеспечения прогрессивной динамики роста показателей по стандартам. Таким образом, по итогам первого этапа модернизации, который считаем началом реализации образовательных программ по стандартам CDIO, уровень оценки поднялся до 2 баллов.

Стандарт 2. Результаты обучения CDIO. В начале работ по принятию концепции CDIO стало очевидно, что необходим пересмотр формулировок целей и результатов ОП. Для получения подробного представления о существующих и желаемых результатах ОП был определен круг респондентов – стейкхолдеров [8]. Составлена анкета учета их мнения о компетентности выпускников. Образец анкеты представлен в табл. 3.

Таблица 3

Анкета для определения уровня сформированности результатов обучения

№	Результат обучения	Уровень сформированности 0–5	
		Реальный	Желаемый
1	Выполнение профессиональных задач в соответствии с требованиями к занимаемой должности		
2	Использование нормативных правовых документов в профессиональной деятельности		
3	Ведение документации и деловой переписки в рамках занимаемой должности		
4	Коммуникативная компетентность: культура речи, ведение переговоров, совещаний		

Окончание табл. 3

№	Результат обучения	Уровень сформированности 0–5	
		Реальный	Желаемый
5	Грамотное оформление и представление в устной и письменной форме результатов выполненной работы		
6	Проявление инициативы, внесение вклада в улучшение показателей деятельности организации		
7	Правильная расстановка приоритетов при решении возникающих проблем		
8	Умение работать в коллективе, творческой команде		
9	Владение базовыми знаниями в области профессиональной деятельности		
10	Умение обобщать, анализировать и воспринимать информацию		
11	Использование в профессиональной деятельности современных технологий		
12	Адекватная оценка результатов собственной профессиональной деятельности		
13	Способность к самообучению, самообразованию		
14	Выполнение комплексных инженерных проектов		
15	Теоретические и экспериментальные исследования, включая поиск и изучение необходимой информации		
16	Соблюдение профессиональной этики и социальной ответственности		
17	Владение иностранным языком (английским) на достаточном профессиональном уровне		

В группу стейкхолдеров вошли:

- представители работодателей;
- выпускники, пришедшие на производство;
- преподаватели Сургутского государственного университета;
- студенты старших курсов.

Итоги опроса представлены на рис. 2–4. Следует отметить тот факт, что в каждой группе стейкхолдеров наблюдается отклонение реального уровня сформированности результатов от желаемого. Амплитуда рассогласованности различна. Рисунки демонстрируют сравнительную картину рассогласованности оценок работодателей, как основных покупателей инженеров, по отношению к другим категориям стейкхолдеров.

План по разработке определений результатов обучения принят, и результаты находятся в процессе согласования с ключевыми стейкхолдерами.

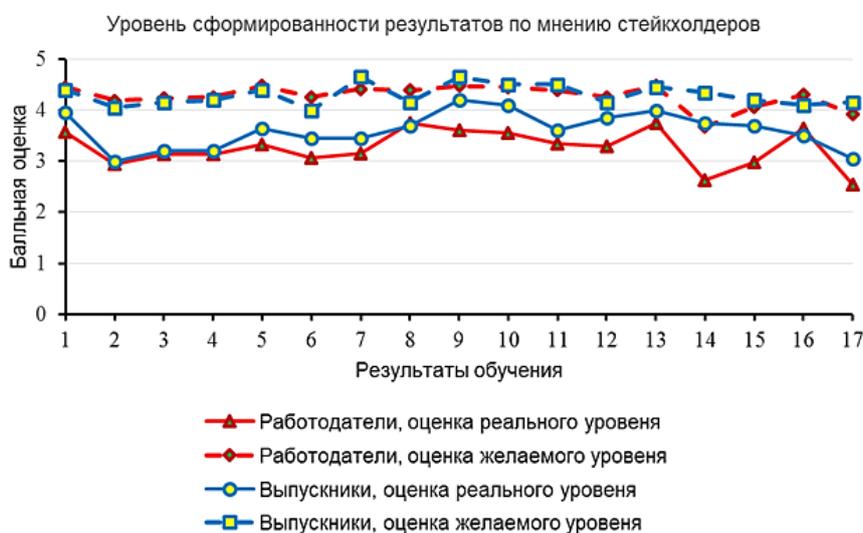


Рис. 2. Сравнительные результаты оценки уровней сформированности результатов у работодателей и выпускников

В основном рассогласованность наблюдается в оценках реальных уровней сформированности результатов. Причем в наибольшей степени мнения согласуются в паре «работодатели – выпускники». А наименьшая согласованность наблюдается в паре «работодатели – преподаватели». Это объясняется тем, что преподаватели стремятся предъявить более высокие требования для повышения качества образования.

Анализ содержания учебных планов (Syllabus) и результатов анкетирования показал потребность усиления внимания развитию таких результатов, как:

- межличностные компетенции;
- предпринимательский и деловой контекст;
- системный инжиниринг и менеджмент.

Достигнутое состояние оценки образовательных программ по данному стандарту оценено на 2 балла.

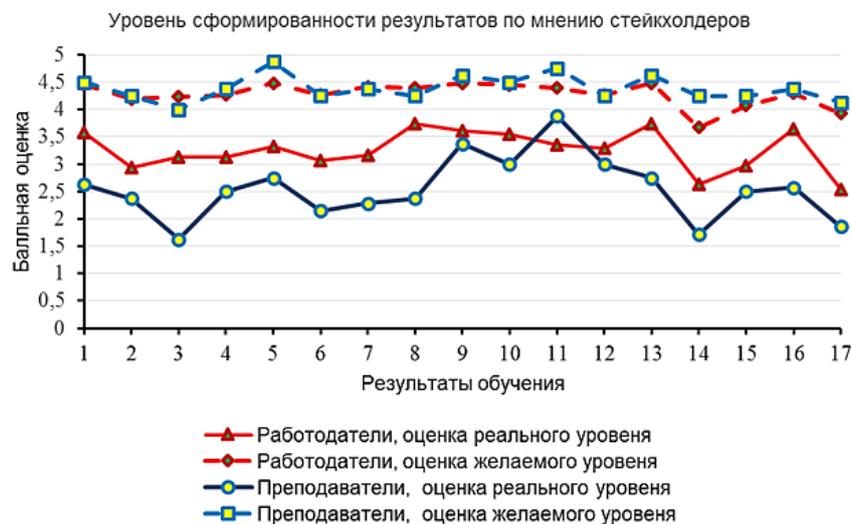


Рис. 3. Сравнительные результаты оценки уровней сформированности результатов у работодателей и преподавателей университета

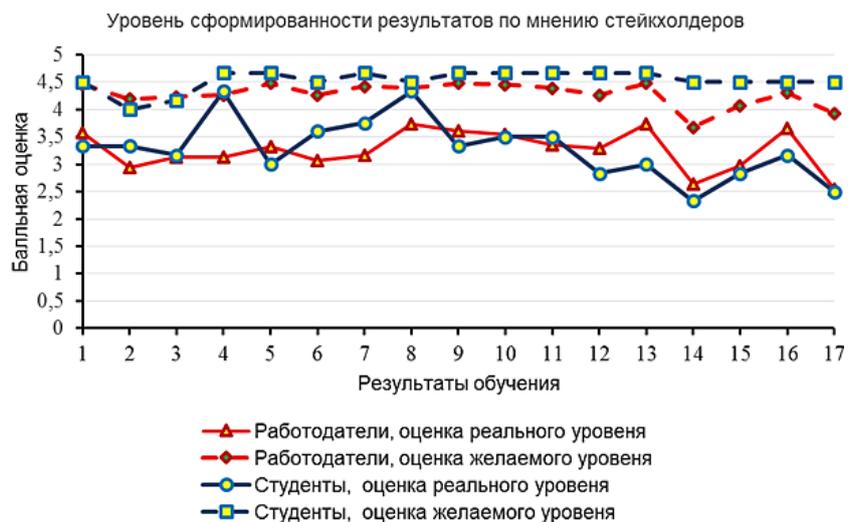


Рис. 4. Сравнительные результаты оценки уровней сформированности результатов у работодателей и студентов

Стандарт 3. Интегрированный учебный план. В ходе адаптации учебных планов к требованиям (рекомендациям) CDIO была принята полностью модульная структура планов. В рамках каждого модуля выстроены последовательности дисциплин. Претерпела изменения межпрограммная интеграция.

Учебные планы составлены, утверждены и приняты в реализацию. Каждый план содержит взаимосвязанные дисциплины, формирующие профессиональные, личностные и межличностные навыки. В учебный план интегрированы модули:

- гуманитарный;
- математический и естественно-научный;
- обеспечения физического развития личности;
- инженерной и компьютерной графики;
- теории систем управления;
- общетехнический;
- мехатроники и робототехники;
- инженерии;
- программных средств и информационных технологий.

При разработке учебных планов выполнен комплекс мероприятий:

1. Проведен анализ рабочих программ дисциплин, выявлена необходимость пересмотра части из них в соответствии с концепцией CDIO.
2. Выявлено, что недостаточное внимание уделялось развитию личностных качеств и межличностных умений.
3. Предусмотрено увеличение объема разделов дисциплин для развития пунктов 2 и 3 Syllabus.

Отличительные особенности модернизированных образовательных программ:

1. Принята многомодульная концепция построения учебных планов подготовки инженерных кадров.
2. Применена система унификации модулей, включаемых в различные образовательные программы.
3. Внедряется принцип взаимосвязанных, последовательно выполняемых проектов в рамках модулей дисциплин.
4. По результатам взаимодействия со стейкхолдерами определен пул дисциплин, которые должны быть включены в учебный план.
5. Для преподавания ряда дисциплин привлечены представители работодателей.
6. По согласованию с работодателями определяются места практик студентов.

Позицию текущего состояния по данному стандарту можно оценивать на 2 балла.

Стандарт 4. Введение в инженерную деятельность. Дисциплины, посвященные введению в инженерную деятельность, традиционно присутствовали в учебных планах инженерных специальностей. Это послужило фундаментом преобразований. Курс «Введение в инженерию» был адаптирован под стандарты CDIO и идеологически связан со всей последующей проектной деятельностью, заложенной в рабочих планах. Показатель по данному стандарту был повышен до 2 баллов.

Стандарт 5. Опыт ведения проектно-внедренческой деятельности. Проектная деятельность в рамках курсового проектирования является неотъемлемой частью инженерных ОП. Традиционно это проекты по отдельным дисциплинам. Структура курсовых проектных работ показана на рис. 5.



Рис. 5. Структура курсового проектирования в образовательных программах до модификации

При модификации учебного плана было принято решение сохранить локальные проекты, но при этом были введены две новые дисциплины:

1. Основы проектной деятельности.
2. Инженерные исследования.

Вновь принятая структура проектной деятельности показана на рис. 6.



Рис. 6. Структура проектной деятельности в модернизированных образовательных программах

Данные дисциплины предусматривают комплексную проектную деятельность в течение 3 семестров каждая. Совместно с дисциплиной «Введение в инженерию» они образуют модуль «Инженерия».

На кафедре АиКС имеется значительный опыт организации научно-исследовательской работы студентов. Ряд работ завершён изготовлением лабораторных стендов, которые используются в учебном процессе. Студенты изучают на них принципы организации автоматизированных систем управления. Примеры успешной реализации проектов показаны на рис. 7, 8.



Рис. 7. Лабораторный стенд «Автоматизированная система управления движением»



Рис. 8. Лабораторный стенд «Автоматизированная система сортировки объектов»

Введение в структуру учебного плана модуля «Инженерия» позволяет оценить реализацию данного стандарта на 3 балла.

Стандарт 6. Рабочее пространство для инженерной деятельности. Проектная деятельность, как правило, организуется в учебных лабораториях децентрализованно. В настоящее время выделено помещение, адаптированное под командную проектную деятельность. Оценка состояния образовательной программы по стандарту 6 увеличена до 2 баллов.

Стандарт 7. Интегрированное обучение. На кафедре АиКС имеется опыт создания и работы студенческих конструкторских коллективов, итогами деятельности которых стали учебные технические системы. Также имеется опыт привлечения студентов в качестве руководителей коллективов учащихся дополнительного образования по тематике робототехники.

На текущий момент утверждены рабочие программы дисциплин, в которых предусмотрена интеграция личностных и межличностных навыков с дисциплинарными знаниями. Но поскольку на момент написания статьи студентами пройдена только одна сессия, то оценка эффективности пока не может быть скорректирована.

Стандарт 8. Активные методы обучения. В преподавательском коллективе существует понимание преимуществ активных методов обучения. В процессе преподавания целого ряда дисциплин применяются дискуссии, аналитический разбор конкретных примеров инженерных задач и др.

Стандарт 9. Совершенствование CDIO-компетенций преподавателей. Стандарт 10. Совершенствование педагогических компетенций преподавателей. Существует систематический план повышения квалификации преподавателей в области личностных и межличностных навыков, навыков создания продуктов, процессов и систем, а также в области использования методов преподавания, обучения и оценки.

Стандарт 11. Оценка обучения. Определена потребность в усовершенствовании методов оценки обучения и проведен анализ их текущего использования.

Стандарт 12. Оценка программы CDIO. Определена потребность в оценке программы и инициирован сопоставительный анализ методов оценки.

Итоговая оценка динамики развития образовательных программ. По истечении 11 месяцев с момента начала модернизации ОП «Управление в технических системах» и «Программная инженерия» в соответствии с положениями CDIO отмечено улучшение оценочных показателей по стандартам 1–6. Динамика развития образовательных программ в соответствии со стандартами CDIO показана на рис. 9 и в лепестковой диаграмме на рис. 10.

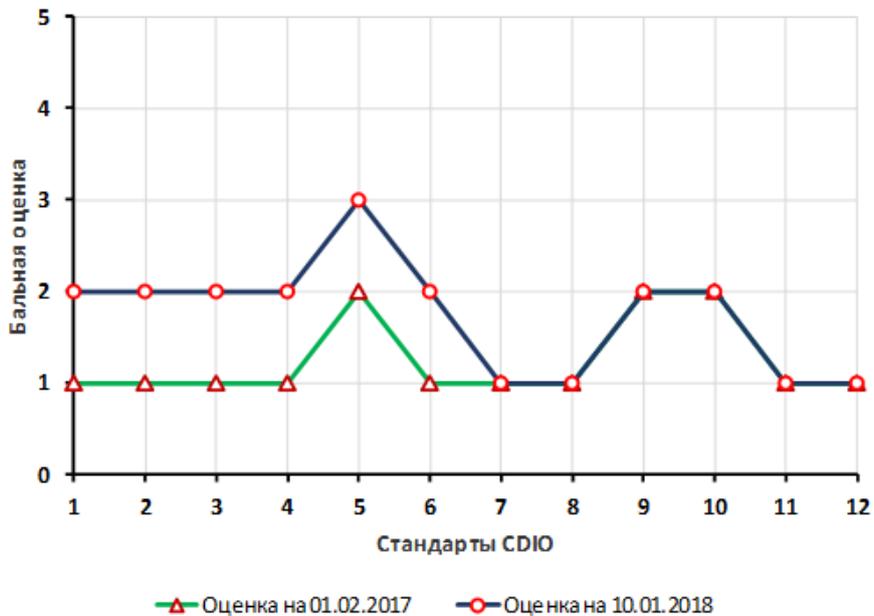


Рис. 9. Диаграмма динамики развития образовательных программ в соответствии со стандартами CDIO

Очевиден прогресс в адаптации ОП и системы подготовки по ним к требованиям стандартов CDIO.

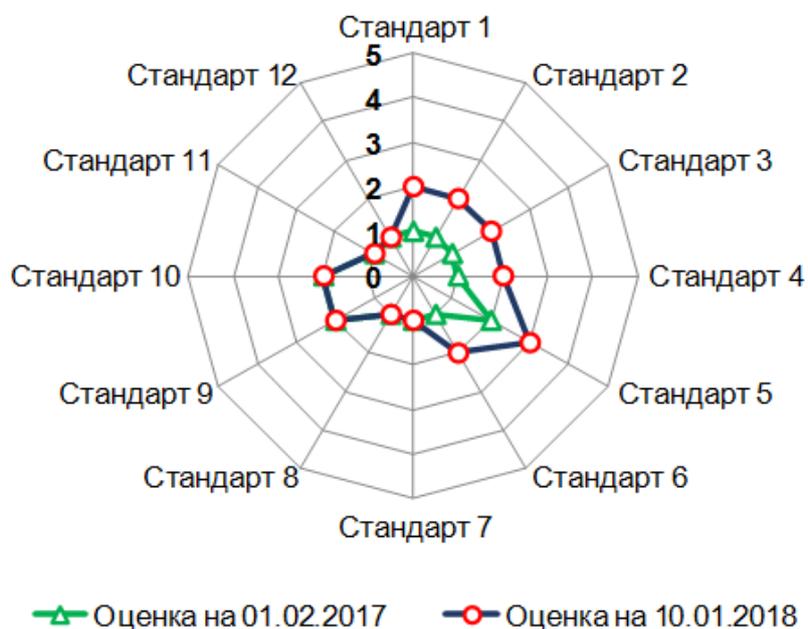


Рис. 10. Лепестковая диаграмма динамики развития образовательных программ в соответствии со стандартами CDIO

В силу разнородности сути стандартов динамика улучшения показателей по ним неравномерна. Наиболее эффективная коррекция векторов управления образовательными программами станет возможна после первого выпуска студентов и опроса стейкхолдеров о результатах обучения выпускников.

Заключение. В течение одного года после начала работ по вступлению Сургутского государственного университета в члены инициативы CDIO достигнуты следующие результаты: успехи в процессе внедрения инициативы позволили повысить критериальные оценки по шести стандартам на один балл. В настоящее время процесс адаптации образовательных программ продолжается.

Литература

1. Berggren K., Brodeur D., Crawley E., Ingemarsson I., Litant W., Malmqvist J., Östlund S. CDIO: An international initiative for reforming engineering education // *World Transactions on Engineering and Technology Education*. 2003. № 2 (1). P. 49–52.
2. Crawley E. F., Malmqvist J., Östlund S., Brodeur D. R., Edström K. *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*. 2nd ed. New York : Springer, 2014. 319 p.
3. Edström K., Kolmos A. PBL and CDIO: complementary models for engineering education development // *European Journal of Engineering Education*. 2014. № 39 (5). P. 539–555.
4. Исаев А. П., Плотников Л. В. Учебный инжиниринг в контексте реализации идеологии CDIO // *Высш. образование в России*. 2016. № 12 (207). С. 45–52.
5. Кондратьев Э. В., Чемезов И. С. Переход российского высшего образования на стандарты CDIO: содержание, перспективы, проблемы // *Вестн. ВГУ. Сер. Экономика и упр.* 2015. № 3. С. 41–50.
6. Всемирная инициатива CDIO. Стандарты: информационно-методическое издание / пер. с англ. и ред. А. И. Чучалина, Т. С. Петровской, Е. С. Кулюкиной. Томск: Изд-во Томск. политех. ун-та, 2011. 17 с.
7. Перспективы развития инженерного образования: инициатива CDIO : информ.-метод. изд. / пер. с англ. и ред. В. М. Кутузова и С. О. Шапошникова. СПб. : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012. 29 с.
8. Осипова С. И., Володько К. А. Мониторинг реализации инженерного образования в идеологии всемирной инициативы CDIO // *Современ. проблемы науки и образования*. 2015. № 1–1. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=19283> (дата обращения: 27.12.2018).