

ISSN 1995-2732 (Print), 2412-9003 (Online)

УДК 005.06

DOI: 10.18503/1995-2732-2022-20-1-61-70



## ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ПОДХОДОВ К ЦИКЛУ ДЕМИНГА

Кунаков Е.П.

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

**Аннотация.** В статье предложены результаты исследований в части совершенствования подходов к планированию, разработке, реализации, контролю параметров процессов менеджмента за счет внедрения новых подходов к циклу Деминга PDCA. Обосновано, что, оставаясь неизменно в рамках цикла Деминга (Plan-Do-Check-Act), при развитии или конкретизации отдельных подэтапов, или стадий цикла Деминга, возможно решить задачу совершенствования процессов и повышения их результативности. В технологических процессах данная задача решена с помощью внедрения предложенного автором нового подхода к циклу Деминга, что находит свое подтверждение в уменьшении времени выполнения технологического процесса и подготовки к нему, сокращении доли брака и последующего исправления продукции. В статье рассмотрена возможность адаптации существующих методов управления проектами для усовершенствования цикла Деминга PDCA и анализа результативности процессов. При этом усовершенствование их базовых принципов может позволить сократить издержки и увеличить отдачу от бизнес-процессов организации. Еще одной отраслью применения предложенного подхода является область подготовки специалистов, так как в современном информационном обществе особую роль играет повышение качества подготовки будущих специалистов. В статье проведен анализ применения методов повышения качества обучения при совместном применении цикла Деминга PDCA и всемирной инициативы и концепции CDIO. По результатам анализа предложена «интегрированная система преподавания», основанная на цикле PDCA и концепции CDIO, которая существенно упростит реализацию принципа постоянного улучшения и совершенствования процессов. В статье показано, что предложенный подход решения задачи управления процессами, оставаясь в рамках цикла Деминга, путем развития или конкретизации отдельных подэтапов, или стадий цикла Деминга, позволяет добиться совершенствования или повышения результатаивности процессов, на чем основана адаптация известных технических решений, подтвержденных патентами.

**Ключевые слова:** система менеджмента качества, риски, процессный подход, постоянное улучшение, цикл Деминга PDCA, всемирная инициатива CDIO, стандарты CDIO, образовательный процесс.

© Кунаков Е.П., 2022

### Для цитирования

Кунаков Е.П. Применение новых подходов к циклу Деминга // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2022. Т. 20. №1. С. 61–70. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2022-20-1-61-70>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.  
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

## APPLYING NEW APPROACHES TO THE DEMING CYCLE

Kunakov E.P.

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

**Abstract.** The paper proposes the results of research in terms of improving approaches to planning, development, implementation, control of management process parameters by introducing new approaches to the PDCA Deming cycle. It is substantiated that, while remaining constantly within the framework of the Deming cycle (Plan-Do-Check-Act), when developing or detailing individual substages, or phases of the Deming cycle, it is possible to improve processes and increase their performance. Regarding the technological processes, the problem is solved by introducing a new approach to the Deming cycle, proposed by the author, which is confirmed by reducing time for performance of the technological process and relevant preparation, reducing a share of defects and the subsequent recovery of products. The paper describes a potential adaptation of the existing methods of project management to improve the Deming cycle PDCA and analyze performance of processes. By improving their basic principles, it is possible to reduce expenses and increase the return of an organization's business processes. Another field for the proposed application of the approach is training of specialists, as in the current information society a special role is attributed to improving the quality of training of future specialists. The paper analyzes the application of methods aimed at increasing the quality of training, while jointly applying the PDCA Deming cycle and the worldwide CDIO initiative and concept. Based on the results of the analysis, an "integrated teaching system" is proposed, following the PDCA cycle and the CDIO concept, which will greatly simplify the application of the principle of continuous improvement of processes. The paper presents that the proposed approach to coping with the task of process control, while remaining within the framework of the Deming cycle, by developing or detailing individual substages, or phases of the Deming cycle, contributes to achieving improvement of, or an increase in efficiency of processes, serving as a basis for adapting known technical solutions, proved by patents.

**Keywords:** quality management system, risks, process approach, continuous improvement, PDCA Deming cycle, worldwide CDIO initiative, CDIO standards, educational process.

### For citation

Kunakov E.P. Applying New Approaches to the Deming Cycle. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2022, vol. 20, no. 1, pp. 61–70. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2022-20-1-61-70>

### Введение

Известно, что процессы производства, и, прежде всего, высокотехнологического производства, представляют собой единую интегрированную систему собственно производства и современного управления проектами. При данном подходе производственные процессы являются чрезвычайно сложными и насыщенными информационными потоками. Значительное место занимают инженерно-конструкторская документация, данные контроля технологических процессов и изделий. Новое поколение технологических компонентов системы автоматизированного проектирования обеспечивает оперативное формирование управляющих программ для оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ), отвечающих требованиям высокопроизводительной обработки. При этом обеспечивает непрерывную информационную поддержку изделия в течение всего его жизненного цикла.

Основой электронного определения изделия является электронная модель изделия, включающая все данные о нем с учетом международных стандартов семейства ISO 9000:2015. Цикл Деминга PDCA (Plan-Do-Check-Act) в базовом стандарте ISO 9001:2015 является основополагающим, наряду с процессным подходом. В разделе стандарта, описывающем процессный подход, о его связи с PDCA указано, что все процессы, созданные в рамках процессного подхода, могут быть построены в соответствии с циклом PDCA [1, 2].

Вышеуказанная связь является неизменной основой для обращения к циклу Деминга при решении задач совершенствования процессов. Для решения данной задачи управления и совершенствования процессами может быть предложено, оставаясь в рамках цикла Деминга, развить или усилить роль и значение отдельных подэтапов этого цикла. При этом усовершенствование цикла Деминга PDCA может быть ре-

ализовано за счет применения подходов цифрового управления на стадиях разработки, проектирования, реализации и контроля процессов, выделения стадии «Проектирования» в отдельный подэтап, или стадию, а также совершенствования интерфейсов программного обеспечения современного технологического оборудования.

### **Применение модернизированного цикла Деминга в управлении технологических процессов**

Применение передовых технологий требует программных и аппаратных средств с учетом постоянного импортозамещения программно-технических решений: своевременного технологического оборудования с ЧПУ, встроенных систем контроля, современных координатно-измерительных машин и комплексов, высокоеффективных конструкционных и функциональных материалов технологических решений, технологий и организации высокотехнологического производства и др. [3, 4].

Рассмотрим, насколько предложенный подход решения задачи управления процессами, оставаясь в рамках цикла Деминга, путем развития или конкретизации отдельных подэтапов, или стадий цикла Деминга, реализован в теоретических исследованиях или адаптирован в известных технических решениях, подтвержденных патентами. Такой подход однозначно реализован в патенте CN107123335A «Устройство отображения цикла PDCA и методы отображения». Согласно данному патенту, цикл PDCA представлен в виде 8-ми последовательных подэтапов:

1. Анализ и оценка области улучшения.
2. Постанова улучшенной цели.
3. Выбор и проектирование решений для реализации поставленной цели.
4. Оценка принятого решения.
5. Реализация решения.
6. Проверка, измерение реализованного решения.
7. Улучшение решения.
8. При необходимости, происходит оценка принятых улучшений.

При сопоставлении цикла PDCA и предложенного цикла согласно описанию патента CN107123335A:

- этапу Р «Планирование» соответствуют этапы 1, 2, 3, 4;
- этапу D «Реализация» соответствуют этап 5;
- этапу С «Проверка» соответствуют этапы 7, 8;

- этап А «Улучшение» – удаляется.

В описании данного патента наглядно показано увеличение этапа «Планирование» за счет проектирования и оценки решения. Однако отказ от этапа А «Улучшение» может негативно сказаться как на процессе, так и на самой системе качества.

Таким образом, предложенное решение в данном патенте основано на цикле PDCA и дает преимущества за счет управления необходимыми данными о процессе с помощью внедрения средств цифрового управления и адаптивного управления несоответствиями, благодаря наличию гибкой адаптивной связи, динамическим изменениям приоритетов для технологических процессов, выявленных на стадии управления обратной связи, и применению требований информационной безопасности.

Взятый за основу цикл PDCA [5] позволяет связать управление технологическим процессом и управление информацией о данном технологическом процессе. Данный подход позволяет разработать, внедрить и сертифицировать систему менеджмента на соответствие требованиям стандарта ISO серии 9001 [1, 2].

Рассмотрим далее, насколько применимый в описанном выше решении, подтвержденном патентом, подход решения задачи управления процессами, оставаясь в рамках цикла Деминга, при развитии или конкретизации отдельных подэтапов, или стадий цикла Деминга, может быть реализован в теоретических исследованиях. Покажем, что такой инструмент является основанием повышения эффективности и результативности процесса за счет применения нового подхода к планированию, анализу и последующему улучшению, а также управлению и защите используемой информации о технологическом процессе и продукции. Процессный подход в данной системе предполагает проектирование системы как совокупности взаимосвязанных процессов, при этом для каждого процесса должны обеспечиваться основные характеристики: входы, выходы, наличие ресурсов, потребители каждого из процессов должны быть идентифицированы их требованиям и в ходе деятельности системы должна изучаться их удовлетворенность результатами процесса.

Покажем, что, оставаясь в рамках цикла Деминга (Plan-Do-Check-Act), при развитии или конкретизации отдельных подэтапов, или стадий цикла Деминга, интегрированную систему управления можно представить как совокуп-

ность блока постановки задачи 1, блока формирования требования к решению задачи 2, блока планирования решения задачи 3, блока проектирования процесса 4, блока реализации процесса 5, блока контроля параметров 6, блока улучшения параметров 7. Интегрированная система управления технологическим процессом реализует следующие этапы.

Этап «Планирование» (P-Plan) реализуется блоками постановки задачи 1, формирования требования к решению задачи 2, планирования решения задачи 3, проектирования процесса 4. На этом этапе разрабатываются цели, задачи технологического процесса, необходимые для достижения результатов в соответствии с поставленными требованиями, а также происходит быстрое управление необходимыми ресурсами и адаптивное управление несоответствиями, выявленными на этапе «Улучшение». Также определяются численные параметры элементов технологического процесса, разрабатывается новая конструкторская и технологическая документация на изделие, с помощью компьютеризированных систем составляются планы, схемы и алгоритмы технологического процесса.

Этап «Производство» (D-Do) реализуется блоком реализации процесса 5. На этой стадии реализуется технологический процесс по составленной конструкторской и технологической документации на изделие.

Этап «Проверка» (C-Check) реализуется блоком контроля параметров 6. На этой стадии выполняются действия по контролю показателей технологического процесса и параметров готового изделия.

Этап «Улучшение» (A-Act) реализуется блоком улучшения параметров 7. На этой стадии выполняются действия по постоянному улучшению показателей технологического процесса на основе полученного анализа результативности предыдущего этапа, планирование корректирующих, предупреждающих действий.

Предложенная система была реализована на одном авиастроительном предприятии РФ, в регионе Сибири. На данном предприятии был внедрены компьютеризированные системы на стадии «Планирование», автоматизированные производственные комплексы с программным обеспечением на стадии «Производство» и цифровые контрольно-оптические системы на стадии «Контроль» в технологический процесс изготовления деталей для авиационных изделий.

Согласно предложенному циклу на этапе

«Планирование» (P-Plan) были разработаны цели, задачи технологического процесса, необходимые для достижения результатов в соответствии с поставленными требованиями, а также быстрое управление необходимыми ресурсами и адаптивное управление несоответствиями, выявленными на этапе «Улучшение». В данном блоке была сформирована информация о задаче технологического процесса, а именно усовершенствование за счет изменения технологического процесса гибки труб.

Затем были сформированы требования к решению задачи совершенствования технологического процесса, а именно сокращение времени технологического процесса на 20%, снижение брака готового изделия (трубы) на 30%. Далее былиформированы данные о распределении ресурсов для технологического процесса, так как в ходе проведенного анализа рисков были выявлены риски снижения качества готового изделия, уменьшения производительности, увеличения доли бракованных единиц готового изделия. В результате проведенных действий на данном этапе принято решение модернизации производственного оборудования, а именно замена оборудования, оснастки на новый производственный комплекс, состоящий из автоматизированного трубогибочного станка и контрольно-оптической системы. Исходя из принятого решения, произвели переход от эталонного метода гибки труб к цифровому методу, то есть сравнение готового изделия производилось не визуально с эталоном, а с его цифровой моделью.

После определяются численные параметры элементов технологического процесса, разрабатывается новая конструкторская и технологическая документация на изделие, с помощью компьютеризированных систем составляются планы, схемы и алгоритмы технологического процесса. На данном этапе технологического процесса гибки труб произведено проектирование технологического процесса, а именно разработаны новые технологические схемы, технологические инструкции, схемы и чертежи на данный технологический процесс с учетом нового внедренного производственного оборудования и новой оснастки.

На этапе «Производство» (D-Do) реализуются этапы технологического процесса получения готового изделия по составленным конструкторской и технологической документации на изделие. На данном этапе выполнены подэтапы получения готового изделия на основе

предложенной интегрированной системы в рамках цикла Деминга, а именно производство гнутых труб согласно технологической документации и заданным характеристикам на новом производственном комплексе, состоящем из автоматизированного трубогибочного станка и контрольно-оптической системы.

На этапе «Проверка» (C-Check) выполняются действия по контролю показателей технологического процесса и параметров готового изделия. На данном этапе контроля параметров готового изделия выполнены подэтапы предложенной интегрированной системы в рамках цикла Деминга, а именно контроль параметров технологического процесса гибки труб, характеристик готового изделия, сопоставление данных характеристик заданным показателям и цифровой моделью готового изделия.

На этапе «Улучшение» (A-Act) выполняются действия по постоянному улучшению показателей технологического процесса на основе полученного анализа результативности предыдущего этапа, планирование корректирующих, предупреждающих действий. В блоке улучшения параметров изделия, оставаясь в рамках цикла Деминга (Plan-Do-Check-Act), выполнен анализ информации о контроле параметров труб из этапа «Проверка» (C-Check). В данном блоке разработаны действия по устранению причин выявленных несоответствий и в результате проведенного анализа предложено изменить разработанную технологическую документацию.

Результаты внедрения интегрированной системы приведены в **табл. 1**.

Таблица 1. Результаты внедрения интегрированной системы

Table 1. Results of the implementation of the integrated system

| Параметры заготовки |           | Характеристики технологического процесса до внедрения интегрированной системы |                          | Характеристики технологического процесса после внедрения интегрированной системы |                          |
|---------------------|-----------|---|--------------------------|--|--------------------------|
| Типо-размер         | Длина, мм | Время гибки, мин  | Брак готового изделия, % | Время гибки, мин   | Брак готового изделия, % |
| 6×1                 | 360       | 6   | 33,7                     | 0,7  | 14,7                     |
| 8×1                 | 1430      | 20  | 34,8                     | 1  | 15,7                     |
| 12×1                | 2300      | 39  | 30,0                     | 2,4  | 15,2                     |
| 18×1                | 500       | 17  | 30,2                     | 1,9  | 14,6                     |
| 22×1                | 1480      | 13  | 28,4                     | 2,4  | 14,7                     |

На основе представленных данных можно сделать вывод, что задача совершенствования технологического процесса, а именно сокращение времени технологического процесса на 20%, снижение брака готового изделия (трубы) на 30% выполнена в полном объеме: сокращение времени технологического процесса в среднем составило 89,5%, снижение брака готового изделия (трубы) в среднем составило 52,1%.

### Применение модернизированного цикла Деминга в проектном управлении

Современные ИТ-компании всё чаще используют проектный подход для осуществления своей деятельности. Для реализации эффективного управления проектами применяются различные методы и подходы. Наиболее популярные и распространенные методы базируются на процессном подходе, что подразумевает прохождение проектом условных этапов цикла Деминга PDCA [6, 7].

Для того чтобы оценить целесообразность применения интегрированного цикла PDCA в части проектного управления, необходимо перенести его уникальные особенности на существующие методы управления проектами и оценить их эффективность. Покажем, что, оставаясь в рамках цикла Деминга (Plan-Do-Check-Act), при развитии или конкретизации отдельных подэтапов, или стадий цикла Деминга, получим основание для совершенствования процесса проектного управления. При этом необходимо понимать, что внедрение ещё одного дополнительного этапа в существующую модель управления проектами может быть затруднительно ввиду особенностей самой модели, а также ресурсоёмким по той же причине.

Одним из распространенных методов управления проектами является каскадная модель [6, 7]. Этот метод основан на процессном подходе, однако применить к нему в чистом виде цикл Деминга, вне зависимости от того, классический он или усовершенствованный, не получится. Всё дело в том, что усовершенствованный и классический цикл Деминга подразумевает повторение операций во время прохождения проектом этапов работы, а каскадная модель не является зацикленной, в связи с этим применение к данному методу цикла PDCA и интегрированного цикла PDCA не представляется возможным.

Аналогичные ограничения накладывает специфика V-модели [6, 7], являющейся по своей сути усовершенствованной каскадной моделью,

с разницей лишь в том, что V-модель подразумевает наличие промежуточного контроля после каждого этапа каскада. Данный метод также не является циклическим, поэтому применение интегрированного цикла PDCA в рамках работы над проектом по V-модели также невозможен.

Инкрементная модель [6, 7], в свою очередь, допускает цикличность прохождения проектом этапов его развития. Суть инкрементной модели заключается в том, чтобы с каждым новым циклом наращивать возможности реализуемого в проекте продукта, выпуская с каждым разом усовершенствованную версию самого себя, с добавлением новых возможностей.

После внедрения разрабатываются требования к новым функциональным возможностям продукта, разрабатываемого в рамках проекта, и цикл повторяется снова. Внедрив в инкрементную модель усовершенствованный цикл Деминга, компания увеличит количество шагов в рамках одного цикла. Таким образом, внедрив этап проектирования, можно избежать возможных издержек, связанных с наличием повторных прохождений проектом одних и тех же инкрементов. Спроектировав заранее решения, которые будут реализованы на данном этапе работы проекта, возможно не только сократить время прохождения проектом данного инкремента в виду снижения количества повторов, но и придать разрабатываемой системе логичности и предсказуемости, что также является одним из важных факторов, влияющих на качество конечного продукта.

Ещё одним схожим по своей сути методом является итерационная модель управления проектами [6, 7, 12–14]. Она, как и инкрементная, подразумевает также прохождение различных итераций жизненного цикла проекта. Отличие заключается в том, что при использовании инкрементной модели на каждом прохождении цикла к проекту добавляются новые возможности, расширяется функционал и возможность применения. В случае же с итерационной моделью весь функционал реализуется уже на ранних этапах, а с прохождением каждой итерации этот функционал совершенствуется. При использовании итерационной модели этап проектирования является особенно важным, поскольку каждая следующая версия конечного продукта должна иметь возможность совершенствоваться, а значит, быть гибкой и доступной к изменениям на разных итерациях жизненного цикла проекта.

Кроме того, планирование требований к воз-

можностям системы, обладающей заранее определенной архитектурой, и их реализация в дальнейшем являются более простыми в своем исполнении задачами, поскольку система является спроектированной и подготовленной для дальнейших манипуляций.

Применение усовершенствованного цикла Деминга в рамках итерационной модели позволяет сократить затраченные ресурсы на этапах планирования, реализации, а также тестирования и внедрения конечного продукта в бизнес-процессы организации.

Помимо инкрементной и итерационной моделей, широкое распространение получила группа гибких Agile-методологий. Одним из таких методов является SCRUM, нашедший своё применение в проектах, связанных с разработкой программного обеспечения. Метод подразумевает наличие деления проекта на «спринты», по завершении каждого из которых оцениваются результаты, подводятся итоги и выдвигаются требования к следующему «спринту». В рамках каждого «спрингта» проект проходит четыре основных этапа: Планирование, Разработка, Тестирование, Демонстрация [6, 7].

После выполнения этих четырех этапов производится оценка результатов «спрингта», и на их основании выдвигаются требования к следующему «спринту». Метод входит в семейство гибких методологий, поскольку позволяет корректировать сроки и задачи непосредственно между каждым спрингтом. И в случаях, когда необходимо ускорить процесс разработки или решить определенные задачи, поставленные перед проектом, ответственный сотрудник может перераспределить проектные ресурсы для следующего спрингта.

В связи с такой непредсказуемостью данный метод имеет существенный изъян – используя SCRUM как модель управления проектом, невозможно составить точную оценку его стоимости и трудозатрат при отсутствии точных сформулированных требований. Кроме того, перераспределение ресурсов уже является незапланированным фактом, что также добавляет сложности к расчетам конечного срока и стоимости разработки проекта [6, 7, 14–16].

Применение усовершенствованного цикла Деминга внутри каждого «спрингта» позволит снизить риски возникновения ситуаций, при которых потребуется существенное перераспределение ресурсов в силу того, что каждый «спрингт» будет спроектирован заранее. Кроме

того, этап проектирования в рамках одного «спринта» позволит сократить время разработки и тестирования, а значит, даст возможность сэкономить время, выделенное на эти этапы.

Таким образом, оставаясь в рамках цикла Деминга (Plan-Do-Check-Act), при развитии или конкретизации отдельных подэтапов, или стадий цикла Деминга, возможно иметь основание для совершенствования процесса проектного управления. Так, применив интегрированный цикл PDCA к одному из популярных гибких методов, схема работы усовершенствованной методологии SCRUM будет представлять собой следующее. С появлением дополнительного этапа проектирования использование метода SCRUM позволит избежать возможных корректировок ресурсов, что даст проекту динамично развиваться на протяжении всего жизненного цикла, без необходимости регулярных корректирующих действий со стороны ответственного лица.

Определение проектирования как самостоятельного этапа в рамках усовершенствованного цикла Деминга позволяет внести корректизы в существующие методы управления проектами, при этом не изменяя их сути. Это говорит о том, что достижение операционного совершенства возможно в рамках уже изученных и проверенных методологий.

### **Применение модернизированного цикла Деминга в задаче совершенствования системы образования**

В связи с актуальностью проблемы повышения качества инженерного образования в мировом сообществе реализуется крупный международный проект по реформированию инженерного образования (Инициатива CDIO) [8]. Основная идея данного проекта – это такая организация образовательного процесса в вузе, в рамках которого акцентируется внимание на инженерных основах, изложенных в контексте жизненного цикла реальных систем, процессов и продуктов.

Инициатива CDIO декларирует следующие цели: обучение студентов должно быть таким, чтобы выпускники могли продемонстрировать практические знания технических основ профессии; способность создавать и эксплуатировать новые продукты и системы; понимание важности и стратегического значения научно-технического развития общества.

Международный проект CDIO Initiative направлен на установление консенсуса между теорией и практикой в инженерном образовании. Ос-

новой модернизации базового инженерного образования согласно концепции CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) является подготовка выпускников к комплексной инженерной деятельности, связанной с жизненным циклом технических объектов, систем и технологических процессов, которая включает:

1. 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 (Conceive).
2. Проектирование продуктов инженерной деятельности на дисциплинарной и междисциплинарной основе (Design).
3. Производство продуктов инженерной деятельности, в том числе аппаратуры и программного обеспечения, их интеграция, а также проверка, испытание и сертификация продукции (Implement).
4. Применение продуктов инженерной деятельности, управление их жизненным циклом и утилизация (Operate).

Двенадцать Стандартов CDIO определяют философию программ подготовки выпускников к комплексной инженерной деятельности (Стандарт 1), задают требования к формированию учебного плана (Стандарты 2, 3 и 4), образовательной среде и условиям обучения (Стандарты 5 и 6), методам обучения (Стандарты 7 и 8), преподавателям вузов (Стандарты 9 и 10), а также методам оценки результатов обучения студентов и программ в целом (Стандарты 11 и 12) [9].

Использование данных стандартов способствует построению иной структуры образовательного процесса, основанного на принципах постоянной активизации учебной деятельности студентов и ее профессиональной направленности. Идеология CDIO создаёт необходимый контекст профессионального образования, поскольку прописывает общую философию образовательных программ и учебных планов, предусматривает использование активных и интерактивных форм обучения с целью включения студентов в решение практико-ориентированных и профессионально-ориентированных заданий, предполагает развитие у профессорско-преподавательского состава компетенций и умений создавать продукты и системы.

CDIO создаёт необходимый контекст профессионального образования, поскольку прописывает общую философию образовательных программ и учебных планов, предусматривает

использование активных форм обучения с целью включения студентов в решение практико-ориентированных заданий, предполагает развитие у профессорско-преподавательского состава педагогических компетенций и умений создавать продукты и системы, а также аудит и оценку программ и успеваемости студентов [11].

Высокое качество результатов образовательной деятельности, которое определяется уровнем знаний, навыков и компетенций выпускников вуза, может достигаться только при хорошем уровне организации и контроля образовательного процесса.

Для вуза качество – это результат многоступенчатого процесса на уровне вуза, факультетов, институтов и кафедр, процесса, включающего множество дисциплин и участников. Молодой специалист с дипломом о высшем образовании – конечный результат этого многоступенчатого процесса. Качество необходимо на всех уровнях и этапах. Работа над качеством начинается с разработки образовательной программы, четкого понимания существующих возможностей и имеющихся ресурсов.

Любая сфера деятельности вуза представляется в виде совокупности процессов. Для каждого процесса идентифицируются параметры качества ресурсов, входных данных (сырья) и выходных данных (результатов), определяются «поставщики и потребители входа и выхода». Для всех элементов этой типовой схемы устанавливаются метрики качества, фиксируются требования к качеству входных данных, процессов, ресурсов и выходных данных.

К проблемам и трудностям при внедрении концепции CDIO для улучшения образовательной деятельности вуза можно добавить, что внедрение данной концепции в вуз с уже внедренной системой менеджмента качества основано на цикле PDCA: организация согласованности общих целей двух систем, создание или переоформление основных документируемых процедур систем, дополнительное обучение преподавательского состава и ознакомление его с положениями новой системы. При внедрении концепции CDIO также могут возникнуть и другие трудности, которые в совокупности приведут к увеличению времени внедрения данной концепции, усложнению интегрированной системы качества.

Для предотвращения данной ситуации возможно создание общей интегрированной системы образования, основанной на цикле Деминга PDCA и концепции CDIO, так как они имеют сходные по

своей структуре шаги реализации и, самое главное, направлены на повышение качества образования, удовлетворения заинтересованных сторон процесса обучения [12–16]. Покажем, что, сохранив незыблым основополагающий цикл Деминга (Plan-Do-Check-Act), при развитии или конкретизации отдельных подэтапов, или стадий цикла Деминга, и одновременном учете 12-ти стандартов концепции CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) получим основание для совершенствования образовательного процесса.

На стадии «Планирование» (P-Plan) происходит разработка целей процесса, необходимых для достижения результатов в соответствии с требованиями потребителей и политикой образовательного учреждения, планирование процессов, видов деятельности и мероприятий, необходимых для достижения результатов в соответствии с ожиданиями и требованиями потребителей и заинтересованных сторон. Данный этап цикла Деминга (Plan-Do-Check-Act) соотносится с 2, 3, 4, 5, 6-м стандартами концепции CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate). Также данный этап дополнен учетом рисков (риск-менеджментом), определяются численные параметры элементов системы, структура которой была спроектирована на прошлом этапе, составляются планы, схемы и алгоритмы обучения. На данной стадии по составленным планам происходит построение системы обучения. Производится первичная оценка процесса.

На стадии «Производство» (D-Do) происходит процесс обучения студентов, ведутся научно-исследовательские изыскания и работы, и соотносится с 7, 8, 9, 10-м стандартами концепции CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate).

На стадии «Проверка» (C-Check) происходит проверка процесса обучения студентов – тестирование, опросы, экзамены, зачеты, сессии, и соотносится с 11-м, 12-м стандартами концепции CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate).

На стадии «Улучшение» (A-Act) происходит выполнение действий по постоянному улучшению показателей процесса планирования на основе полученного анализа результативности предыдущего этапа цикла, планирование корректирующих и предупреждающих действий, актуализация планов, процессов.

При учете рисков изменение системы основано не только на результатах выявленных несответствий в процессе обучения, но и проблем, которые могут возникнуть в дальнейшей перспективе. При успешном изменении необходимо

использовать полученный опыт для проведения более значительных изменений. Если же изменения оказались негативными, необходимо повторить цикл, но по новому плану.

Создание и реализация «интегрированной системы» обеспечит предпосылки к устраниению ряда недостатков в организации образовательного процесса и будет гарантировать вузу высокий уровень качества подготовки специалистов в соответствии с требованиями стандартов и рекомендаций заинтересованных сторон – государства, работодателей и самого будущего специалиста.

### **Заключение**

Благодаря внедрению разработанного нового подхода к циклу Деминга PDCA за счет управления необходимыми данными о процессе с помощью внедрения средств цифрового и адаптивного управления несоответствиями, благодаря наличию гибкой адаптивной связи, динамическим изменениям приоритетов для процессов менеджмента, выявленных на стадии «Управление» обратной связи, и применению требований информационной безопасности, возможно оптимизировать и усовершенствовать как технологические процессы, так и образовательные и иные процессы.

В статье обосновано, что оставаясь неизменно в рамках цикла Деминга (Plan-Do-Check-Act), при развитии или конкретизации отдельных подэтапов, или стадий цикла Деминга, возможно решить как в целом задачу совершенствования процессов и повышения их результативности, так и применительно к случаям: технологического процесса гибки труб, совершенствования процесса проектного управления, в ходе которого определение проектирования как самостоятельного этапа в рамках усовершенствованного цикла Деминга позволило внести корректизы в существующие методы управления проектами, не изменяя их сути, что говорит о достижении операционного совершенства в рамках изученных и проверенных методологий.

И, наконец, предложенная модификация анализа отдельных этапов цикла PDCA при одновременном применении стандартов концепции или всемирной инициативы CDIO (Conceive, Design, Implement, Operate) дало основание для совершенствования образовательного процесса. Таким образом, в статье показано, что предложенный подход решения задачи управления процессами, оставаясь в рамках цикла Деминга, путем развития или конкретизации отдельных подэтапов, или стадий цикла Деминга, позволяет добиться совершенствова-

ния или повышения результативности процессов, на чем и основана адаптация известных технических решений, подтвержденных патентами.

### **Список литературы**

1. ISO 9000:2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь.
2. ISO 9001:2015. Системы менеджмента качества. Требования.
3. Совершенствование процесса изготовления сложных изделий с использованием PDM-систем / В.Б. Кузнецова, А.И. Сергеев, А.И. Сердюк, А.В. Попов. Оренбург: ОГУ, 2013. 143 с.
4. Зленко М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении: пособие для инженеров. М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. 220 с.
5. Нив Г.Р. Пространство доктора Деминга: пер. с англ. М.: МГИЭТ (ТУ), 1996. 344 с.
6. Орлик С. Программная инженерия. Качество программного обеспечения (Software Quality) / Copyright © Сергей Орлик, 2004–2005.
7. ISO 9241-220. Эргономика взаимодействия человек–система. Часть 220. Процессы обеспечения, выполнения и оценки человеко-ориентированного проектирования в организации.
8. ISO/IWA 2:2007(ru). Системы менеджмента качества. Руководящие указания по применению ISO 9001:2000 в образовании. Quality management systems – Guidelines for the application of ISO 9001:2000 in education. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:iwa:2:ed-2:v1:ru>.
9. Всемирная инициатива CDIO. Планируемые результаты обучения (CDIO Syllabus): информационно-методическое издание / пер. с англ. и ред. А.И. Чучалина, Т.С. Петровской, Е.С. Кулокиной; Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. 22 с.
10. Стандарты CDIO. Материалы круглого стола «Стандарт современного инженерного образования» проектной сессии АНО «Агентство стратегических инициатив» по продвижению новых проектов», 10 апреля 2014 г. Екатеринбург: ООО «Издательский дом «Ажур», 2014. 32 с.
11. Кондратьев Э.В., Чемезов И.С. Переход российского высшего образования на стандарты CDIO: содержание, перспективы, проблемы // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2015. № 3. С. 41–50.
12. Управление и защита информации как один из способов улучшения деятельности предприятий авиационной промышленности / Кунаков Е.П., Лонцих П.А., Лившиц И.И., Лонцих Н.П., Дролова Е.Ю. // Качество. Инновации. Образование. №7 (146). 2017. С. 17–26.
13. Livshitz I.I., Kunakov E.P., Lontsikh P.A. Usage of information safety requirements in improving tube bend-

- ing process // International Conference on Information Technologies in Business and Industry 2018, ITBI 2018, vol. 1015, Issue 4.
14. Анализ цифровых технологий, применяемых в машиностроительной отрасли / Кунаков Е.П., Лонцих П.А., Коршунова Е.И., Kovrigina I.B. // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. №9 (40). С. 42–49.
15. Совершенствование деятельности машиностроительных предприятий на основе применения современных цифровых технологий / Кунаков Е.П., Лонцих П.А., Livshitz I.I., Lonzits N.P. // Качество. Инновации. Образование. 2018. №5 (156). С 39–47.
16. Livshitz I.I., Kunakov E.P., Lontsikh P.A. Improvement of the Activities of Machine-Building Enterprises Through the Use of Digital Technologies // Proceedings of the 2018 IEEE International Conference & Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies; IT and QM and IS 2018. C. 233–237.

#### References

1. GOST R ISO 9000-2015 Quality management systems. Fundamentals and vocabulary.
2. GOST R ISO 9001-2015 Quality management systems. Requirements.
3. Kuznetsova V.B., Sergeev A.I., Serdyuk A.I., Popov A.V. *Sovershenstvovanie protsesssa izgotovleniya slozhnykh izdeliy s ispolzovaniem PDM-sistem* [Improving the process of manufacturing complex products using PDM systems]. Orenburg: OSU, 2013, 143 p. (In Russ.)
4. Zlenko M.A., Nagaytsev M.V., Dovbysh V.M. *Additivnye tekhnologii v mashinostroenii: posobie dlya inzhenerov* [Additive technologies in mechanical engineering: manual for engineers]. Moscow: SSC RF FSUE NAMI, 2015, 220 p. (In Russ.)
5. Neave H.R. The Deming Dimension: Trans. from English. Moscow: MGIET (TU), 1996, 344 p.
6. Orlik S. Software engineering. Software quality. Copyright © Sergey Orlik, 2004-2005.
7. ISO 9241-220 Ergonomics of human-system interaction. Part 220. Processes for enabling, executing and assessing human-centred design within organizations.
8. ISO/IWA 2:2007(en). Quality management systems. Guidelines for the application of ISO 9001:2000 in education process. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:iwa:2:ed-2:v1:en>
9. Worldwide CDIO Initiative. Expected learning outcomes (CDIO Syllabus): guidance. Translated from English and edited by Chuchalina A.I., Petrovskaya T.S., Kulyukina E.S. Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University, 2011, 22 p.
10. CDIO standards. Materials of the round table "Standard of modern engineering education" of the project session of ANO Agency for Strategic Initiatives to promote new projects. April 10, 2014. Yekaterinburg: LLC Azhur Publishing House, 2014, 32 p. (In Russ.)
11. Kondratiev E.V., Chemezov I.S. The transition of Russian higher education to CDIO standards: content, prospects, problems. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie* [Bulletin of Voronezh State University. Series: Economics and Management], 2015, no. 3, pp. 41–50. (In Russ.)
12. Kunakov E.P., Lontsikh P.A., Livshits I.I., Lontsikh N.P., Drolova E.Yu. Management and protection of information as one of the ways to improve the activities of aviation industry enterprises. *Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie* [Quality. Innovations. Education.], 2017, no. 7 (146), pp. 17–26. (In Russ.)
13. Livshitz I.I., Kunakov E.P., Lontsikh P.A. Usage of information safety requirements in improving tube bending process. International Conference on Information Technologies in Business and Industry 2018, ITBI 2018, vol. 1015, issue 4.
14. Kunakov E.P., Lontsikh P.A., Korshunova E.I., Kovrigina I.V. Analysis of digital technologies used in the machine-building industry. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Irkutsk State Technical University], 2018, no. 9 (40), pp. 42–49. (In Russ.)
15. Kunakov E.P., Lontsikh P.A., Livshits I.I., Lontsikh N.P. Improving the activities of machine-building enterprises by using modern digital technologies. *Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie* [Quality. Innovations. Education.], 2018, no. 5 (156), pp. 39–47. (In Russ.)
16. Livshitz I.I., Kunakov E.P., Lontsikh P.A. Improvement of the activities of machine-building enterprises through the use of digital technologies. Proceedings of the 2018 IEEE International Conference & Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies; IT and QM and IS 2018, pp. 233–237.

Поступила 03.12.2021; принята к публикации 29.12.2021; опубликована 25.03.2022  
Submitted 03/12/2021; revised 29/12/2021; published 25/03/2022

**Кунаков Егор Петрович** – аспирант кафедры автоматизации и управления,  
Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия.  
Email: egor-kunakov@mail.ru

**Egor P. Kunakov** – postgraduate student of the Department of Automation and Control,  
Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia.  
Email: egor-kunakov@mail.ru