

11. Гольдштейн А.Л. Оптимизация в среде MATLAB: учеб. пособие. Пермь: Изд-во Пермского нац. исслед. политехнического ун-та. 2015. 190 с.

12. Матюшкин И.В. Моделирование и визуализация средствами Matlab физики наноструктур. М.: Техносфера. 2011. 166 с.

Для цитирования: Марголис Б.И., Мурзахметов А.С. Программа оптимального распределения работников при выполнении опытно-конструкторских работ // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2023. № 4 (20). С. 83–89.

OPTIMAL WORKER ALLOCATION PROGRAM WHEN PERFORMING R&D WORKS

B.I. MARGOLIS, Dr. Sc., A.S. MURZAKHMETOV, Graduate

Tver State Technical University
22, Af. Nikitin emb., 170026, Tver, Russian Federation, e-mail: borismargolis@yandex.ru

A method of solving a problem related to achieving the specified indicators of a research and development (R&D) project is outlined. In the Matlab environment, a network graph for the implementation of R&D “Test” was built and a program was developed that allows, based on a given graph for the implementation of R&D, the number of works, the planned time of completion of the project, the number of workers, the amount of the contract, labor costs for each work, to obtain the optimal distribution of workers in terms of profit when performing the R&D. An analysis of the results of the program was carried out, project performance indicators, numerical values and graphical visualization of the distribution of workers, ensuring maximum profit when fulfilling the contract, were presented.

Keywords: optimal distribution, development work, network schedule, work time, labor costs, project, profit, graphic visualization, operational management.

Поступила в редакцию/received: 04.09.2023; после рецензирования/revised: 12.09.2023;
принята/accepted: 20.09.2023

УДК 681.5.01

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА И ПРОЦЕССНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Г.Б. БУРДО, д-р техн. наук, А.Н. БОЛОТОВ, д-р техн. наук,

Тверской государственный технический университет
170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, 22, e-mail: gbtms@yandex.ru

© Бурдо Г.Б., Болотов А.Н., 2023

В статье отмечено, что сокращение сроков обучения в бакалавриате до 4 лет (по сравнению с инженерной подготовкой в 5...5,5 лет), вынужденное уменьшение объема производственных практик и практический отказ от дипломного проекта (в том виде,

который есть при инженерной подготовке) оказали негативное влияние на качество подготовки и адаптационные возможности выпускников. В этой связи предложено сделать обучение привязанным к определенным процессам и структурам машиностроительных производств за счет конкретного способа реализации междисциплинарных связей и введения комплекса дополнительных знаний и умений. Рекомендовано создать привязку к производственной деятельности на основе знаний об организационно-технологических системах в машиностроении и организационной структуре предприятия; структуре жизненного цикла изделия; производственных (функциональных) процессах деятельности организации. Указано, что такой подход поможет студенту найти свое место в структуре производственных процессов предприятия, понять информационные связи в машиностроительном предприятии, а также подготовит его к использованию автоматизированных систем проектирования и управления.

Ключевые слова: инженерная подготовка, машиностроительное производство, системный подход, жизненный цикл изделия, автоматизированные системы проектирования и управления.

DOI: 10.46573/2658-5030-2023-4-89-97

ВВЕДЕНИЕ

При подготовке специалистов в вузах всегда стоит задача последующей адаптации выпускников к их практической деятельности на предприятиях и в организациях [1–5]. В настоящее время данная проблема усугубляется в связи с массовым переходом машиностроительных специальностей с инженерной подготовки на систему подготовки бакалавриат – магистратура. Причины этого заключаются в том, что при подготовке специалистов машиностроительного профиля крайне важно обеспечение определенной последовательности изучения дисциплин, а также необходимо сочетание процессов изучения теоретической части дисциплины и выполнения курсовых проектов и работ, имеющих практическую направленность. В этом смысле сокращение сроков обучения в бакалавриате до 4 лет (по сравнению с инженерной подготовкой в 5...5,5 лет), вынужденное уменьшение объема производственных практик и практический отказ от дипломного проекта негативно повлияли на качество подготовки выпускников [6–9].

Можно отметить, что в отечественном машиностроении сложилась противоречивая ситуация. Потребности современного машиностроительного производства обуславливают, с одной стороны, потребность в кадрах, обладающих хорошей подготовкой и широтой инженерного кругозора, а с другой – компетентностный подход к обучению, ограничивающий сферы деятельности выпускника и затрудняющий их смену. Следовательно, модификация методов подготовки специалистов является достаточно актуальной задачей. Рассмотрим возможные, на взгляд авторов, пути решения указанной кадровой проблемы.

ОБЩИЕ ПОДХОДЫ К УСИЛЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОГОТОВКИ

По мнению авторов данной статьи, основное внимание при подготовке выпускников должно быть уделено расширению инженерного кругозора и сокращению времени адаптации выпускников. Такого результата можно достичь, если провести ряд мероприятий, направленных на понимание студентами своего места в профессиональной системе, усвоение вырабатываемых дисциплиной (модулем) знаний, умений и практических навыков, важных в структуре производственных процессов

предприятия и структуре жизненного цикла продукции. Таким образом, изучение профессиональных и специальных дисциплин должно быть построено на основе их осмысления и конкретной привязки к предметной области знаний, предполагающих возможность реализации в процессе обучения информационных технологий (ИТ) [10–13]. Здесь подразумеваются знания:

- 1) об организационно-технологических системах в машиностроении;
- 2) организационной структуре предприятия;
- 3) о структуре жизненного цикла изделия;
- 4) производственных (функциональных) процессах деятельности организации.

Важным аспектом в получении названных знаний является не изучение их в виде конкретных дисциплин, а распределение данного учебного материала по ряду профессиональных дисциплин.

ФОРМИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ОБУЧЕНИИ ПОНЯТИЙ ИЗ ОБЛАСТИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Знания из области организационно-технологических систем необходимы студентам для осмысления того, что реальное машиностроительное производство не разделяет проблемные области на технические и организационно-управленческие. Реализация любого технического решения подразумевает управление реализацией и определенный организационный способ реализации.

Инженерная подготовка должна обеспечивать гармоничное сочетание знаний. Этого можно добиться, обеспечивая создание междисциплинарных связей в предметной области выпускника путем перекрестного включения в дисциплины знаний смежных с ними дисциплин, особенно в материалы курсовых проектов и работ (рис. 1).

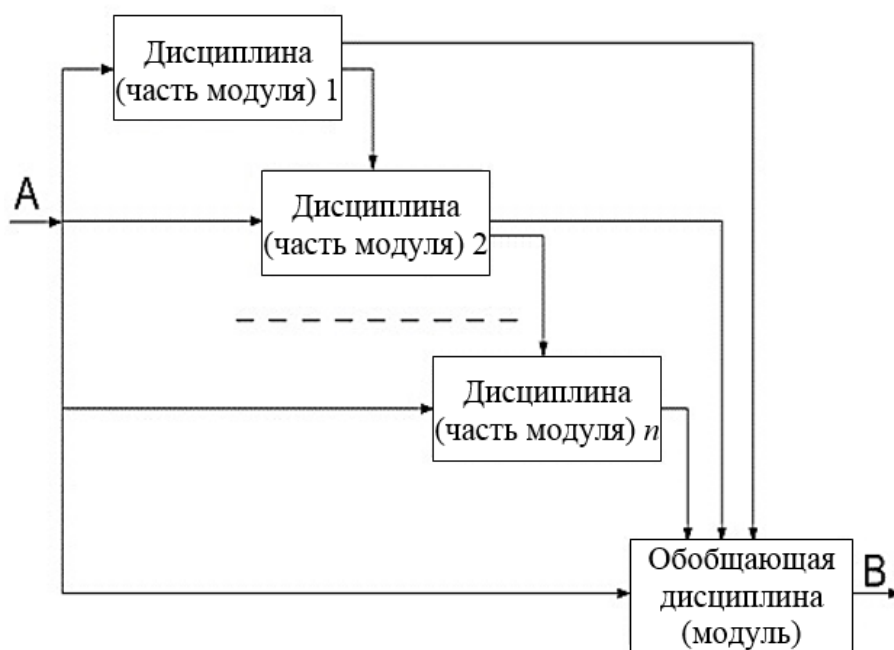


Рис. 1. Временная структура и информационные связи дисциплин или частей образовательного модуля: n – число дисциплин;
 А – сведения из предшествующих дисциплин;
 В – информация для последующих дисциплин

К примеру, вопросы конструирования изделий должны увязываться с вопросами контактирования с технологическими подразделениями, вопросами организации информационного взаимодействия с ними.

Вопросы, связанные с изучением технологической подготовки производства, должны сопровождаться изучением способов организации и управления технологическими процессами.

Если в ходе инженерной подготовки необходимо давать информацию об автоматизированных системах проектирования и управления, то изучение систем автоматизированного проектирования технологических процессов должно сопровождаться изучением автоматизированных систем управления технологическим процессом.

Будущим инженерам необходимо понимать, что принятие решений в рамках машиностроительных систем носит комплексный характер. Они должны уметь проводить всесторонний анализ в ситуации выбора, в том числе с помощью систем поддержки принятия решений и в составе коллектива исполнителей – представителей смежных областей деятельности. Подобные смежные дисциплины лучше изучать параллельно или последовательно, объединяя их в образовательный модуль и при этом предусматривая в конце последнего обобщающую часть, формируя таким образом временную структуру модуля (см. рис. 1).

ФОРМИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ОБУЧЕНИИ ЗНАНИЙ ОБ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

Знания об организационной структуре предприятия необходимы для формирования представления об иерархической структуре предприятия и о функциях, выполняемых конкретными отделами, подразделениями.

С точки зрения теории систем организационная структура предприятия в необходимом для наших целей формате представляется как

$$OS = \langle R, I, F \rangle, \quad (1)$$

где OS – организационная структура предприятия; R – элементы системы (как субъекты (руководители подразделений) и объекты – подразделения); I – иерархия элементов; F – функции элементов.

Следует отметить, что именно выполняемые функции являются основным идентификационным параметром подразделения.

Приведенное системное организационное представление структуры организации станет основой при изучении производственных процессов предприятия и методологии управления производственными процессами. Организационную структуру графически можно показать и в виде схемы (рис. 2).

Указанные знания следует использовать в подавляющем большинстве специальных дисциплин. В этом случае целесообразно при их изучении акцентировать внимание будущих выпускников на том, какое подразделение организации занимается теми же функциями, к выполнению которых готовит и изучаемая дисциплина.

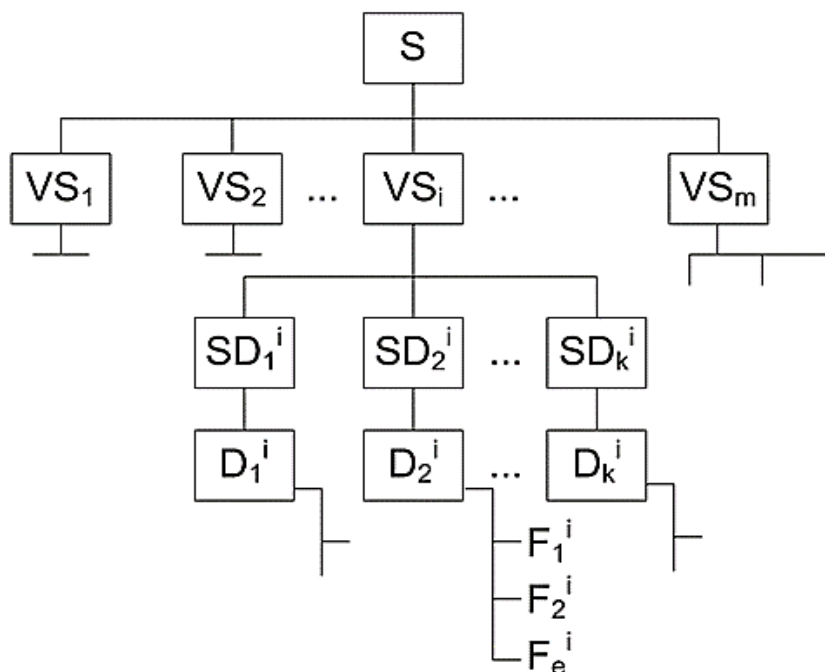


Рис. 2. Организационная структура предприятия:
 S – руководитель; VS_i – заместитель руководителя по направлению работы; i – число заместителей;
 $D_1^i, D_2^i, \dots, D_k^i$ – подчиненные i -му заместителю руководителя подразделения;
 $SD_1^i, SD_2^i, \dots, SD_k^i$ – руководители подразделений

ФОРМИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ОБУЧЕНИИ ЗНАНИЙ О СТРУКТУРЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ

Еще одним основополагающим понятием является понятие жизненного цикла изделия. Поскольку техническая поддержка может выполняться выпускниками машиностроительного профиля на всех этапах и стадиях жизненного цикла, для будущих инженеров крайне важны взаимосвязь функций, параметров изделия и их влияние на состав работ, выполняемых на этапах его жизненного цикла.

Рассмотрим, например, этапы изготовления, эксплуатации и ремонта изделия. Содержание работ будет во многом определяться идеологией, заложенной на этапе проектирования изделия.

Отсутствие этапа опытно-конструкторских работ может привести к ошибкам при проектировании, которые перейдут и на другие этапы. Ошибки при технологической подготовке могут вызвать затруднения при обеспечении качества изделия. Следовательно, необходимо прививать студентам знания о том, на каких этапах жизненного цикла могут отразиться результаты их действий при прохождении той или иной стадии (рис. 3).

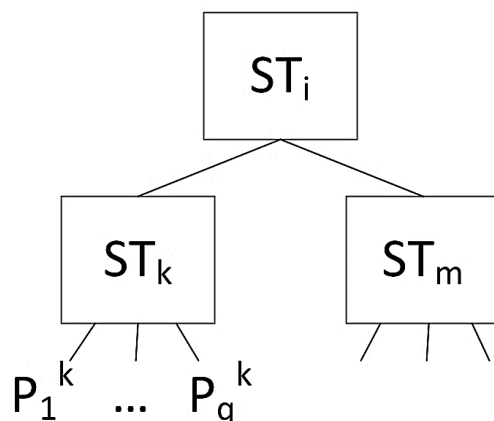


Рис. 3. Связь результатов действий, выполняемых на этапах жизненного цикла изделия: ST_i – рассматриваемый этап; ST_k – ST_m – этапы, на которых отражаются результаты действий на этапе ST_i ; P_1^k – P_q^k – зависимые параметры

Использование знаний, вырабатываемых на основе методологии жизненного цикла, позволит инженеру предсказывать и оценивать последствия (в том числе и отдаленные) принимаемых им технических решений. В то же время студенту становится понятен способ информационного взаимодействия при выполнении проектных и управленческих работ на этапах жизненного цикла.

Определив функции (виды работ), реализуемые на данном этапе, можно перейти к выбору автоматизированных систем проектирования и управления, осуществляющих поддержку принятия проектных и управленческих решений.

ФОРМИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ОБУЧЕНИИ ЗНАНИЙ О ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ (ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ) ПРОЦЕССАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

Понятие «функциональные производственные процессы» – это краеугольное знание при инженерной подготовке в области машиностроения. При изучении понятия происходит качественное его наполнение содержанием по мере углубления специальной подготовки, начиная от общего содержания (как совокупностей всех действий, выполняемых в организации) и заканчивая цепочками конкретных функциональных процессов, в которых задействованы различные подразделения, обеспечивающие подготовку и выпуск готовой продукции. Таким образом, мы говорим о смысле подхода к инженерному обучению с использованием методологии управления процессами, когда студент учится работать в качестве исполнителя конкретных действий в рамках того или иного процесса.

Рассматривая конкретную специальную дисциплину, следует показывать, в каком процессе и в какой операции данного процесса реализуются знания, навыки и умения, получаемые в рамках этой дисциплины.

Необходимо понимать, что при инженерной подготовке в области машиностроения мы готовим выпускника к работе в рамках основных функциональных производственных процессов, т.е. процессов, обеспечивающих подготовку производства и выпуск продукции, а также управление данными процессами. Особенность основных процессов состоит в том, что они имеют строгую увязку по времени между собой. Существует ориентация на сроки выпуска готовой продукции,

т.е. на сроки завершения процесса (изготовление продукции), таким образом, устанавливается шкала времени. Основные процессы также имеют и свою иерархию, под которой следует понимать подчиненность неким правилам, разработанным ранее для этого процесса. Скажем, процессы конструкторской подготовки производства определяют процессы технологической подготовки, а последние определяют процессы изготовления продукции.

Тем не менее студентам необходимо давать также и сведения о вспомогательных процессах, т.е. тех процессах, которые обеспечивают реализацию основных (это процессы материально-технического обеспечения, маркетинга, транспортные процессы, процессы движения денежных средств (закупки–продажи), управления кадрами и т.д.). Часть из них имеет увязку по времени с основными процессами.

Следует доводить до студентов сведения о том, что многие процессы информационно связаны между собой, а внутри процессов имеются обратные связи.

Основной процесс (MP_i) можно системно представить как

$$MP_i = \{\{\{OP_j\}_i\}, I_i, T_i, IC_i, F_i\}, \quad (2)$$

где $\{\{OP_j\}_i\}$ – упорядоченный во времени набор операций; I_i – иерархическая структура i -го процесса, т.е. место данного процесса в структуре процессов предприятия; T_i – временная структура i -го процесса, т.е. синхронизация процесса по операциям и с другими процессами; IC_i – информационная структура i -го процесса, т.е. правила обмена информацией внутри процесса и между процессами; F_i – обобщенная функция i -го процесса.

В свою очередь, операция процесса при инженерной подготовке может быть смоделирована как

$$OP_j = \{\{f_k\}_j, t_j, in_j\}, \quad (3)$$

где $\{f_k\}_j$ – набор работ (функции), выполняемых в данной операции процесса; t_j – временной параметр работ, т.е. время начала и окончания работы; in_j – информационные потоки между данной и другими операциями данного и других процессов.

Графически операция может быть показана следующим образом (рис. 4).

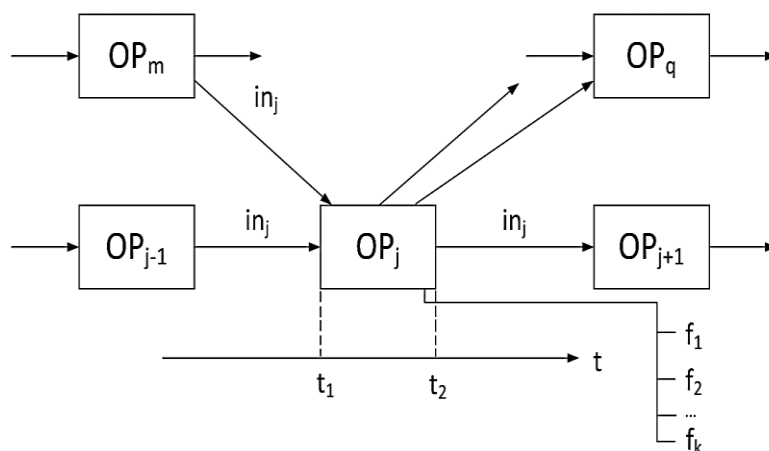


Рис. 4. Операция основного функционального процесса OP_j :

t_1 и t_2 – время начала и окончания работ в операции;

OP_m и OP_q – операции других процессов

ВЫВОДЫ

Предлагаемый способ обучения инженерных кадров, разумеется, не является совершенным, но, на взгляд авторов, имеет неоспоримые достоинства. В первую очередь они заключаются в том, что процесс обучения приобретает очертания будущей практической деятельности. Студенты усвоят ряд навыков и понятий, выходящих за пределы стандартных учебных дисциплин. Неоспоримым является и выработка у специалиста при указанном подходе междисциплинарных связей, обеспечивающих необходимый инженерный кругозор.

Можно утверждать, что при целесообразной последовательности изучения профессиональных дисциплин у студента будет сформировано понимание:

о структуре системы субъектов и объектов и связей между ними, в рамках которой инженер выполняет свою функцию;

организационном построении структуры рассматриваемой системы в соответствии с конкретными выполняемыми функциями, а также месте специалиста в рамках этой структуры;

связи друг с другом проектных и управленческих функций с позиций жизненного цикла изделия, взаимовлиянии результатов действий на этапах жизненного цикла;

функциональных процессах как основе деятельности любой организации, функциях инженера, выполняемых в рамках этих процессов.

На основе перечисленного вполне эффективным будет получение навыков применения автоматизированных систем проектирования, управления, поддержки жизненного цикла изделия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бордовская Н.В. Педагогика. СПб.: Питер. 2004. 284 с.
2. Джуринский А.Н. Развитие образования в современном мире: учеб. пособие. М.: ВЛАДОС. 2004. 239 с.
3. Жуков А.Д. Образование в России: Проблемы и решения. М.: ЭКМОС. 2000. 154 с.
4. Ковалева Г.С. Состояние российского образования // *Педагогика*. 2001. № 2. С. 80–88.
5. Колесников В.Н., Кучер И.В., Турченко В.Н. Коммерциализация высшего образования – угроза национальной безопасности России // *Педагогика*. 2004. № 6. С. 99–106.
6. Кузьменко Н.Е., Луин В.В., Рыжова О.Н. О модернизации образования в России // *Педагогика*. 2005. № 3. С. 107–116.
7. Слободчиков В.И. Инновации в образовании: основания и смысл. URL: <https://refdb.ru/look/1140153-pall.html> (дата обращения: 05.04.2023).
8. Об образовании в Российской Федерации: Федер. закон. М.: Омега-Л. 2015. 141 с.
9. Эренберг Р., Смит Р. Современная экономика труда. Теория и государственная политика. М.: Экономика. 2001. 97 с.
10. Бурдо Г.Б., Семенов Н.А. Процессный подход при создании автоматизированных систем проектирования и управления // *Интеллектуальные системы и информационные технологии – 2020: Труды Международного научно-технического конгресса*. 2020. Т. 1. С. 96–102.
11. Информационные системы для машиностроительного производства / Г.Б. Бурдо [и др.] // *Интеллектуальные системы и информационные технологии – 2019: Труды Международного научно-технического конгресса*. 2019. Т. 2. С. 79–86.

12. Бурдо Г.Б. Системный анализ машиностроительных систем: учеб. пособие. Тверь: ТвГТУ. 2019. 96 с.

13. Коротков М.А. О подготовке специалистов в сфере «Инженерное дело, технологии и технические науки» по образовательным программам с учетом профессиональных стандартов // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2019. № 2. С. 99–105.

Для цитирования: Бурдо Г.Б., Болотов А.Н. Подготовка специалистов машиностроительного профиля на основе системного подхода и процессного управления // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2023. № 4 (20). С. 89–97.

TRAINING OF SPECIALISTS ENGINEERING PROFILE BASED ON SYSTEM APPROACH AND PROCESS CONTROL

G.B. BURDO, Dr. Sc., A.N. BOLOTOV, Dr. Sc.

Tver State Technical University
22, Af. Nikitin emb., 170026, Tver, Russian Federation, e-mail: gbtms@yandex.ru

It is noted in the article that the reduction of Bachelor's degree to 4 years (as compared to the engineering degree of 5...5.5 years), forced reduction in the volume of industrial practice and practical rejection of the diploma project (as it is in engineering training) had a negative impact on the quality of training and adaptive capabilities of graduates. In this regard, it is proposed to make the training tied to certain processes and structures of machine-building industries by means of a specific way of realising interdisciplinary links and introducing a set of additional knowledge and skills. It is recommended to create a link to production activity on the basis of knowledge about organisational and technological systems in mechanical engineering and the organisational structure of the enterprise; the structure of the product life cycle; production (functional) processes of the organisation's activity. It is indicated that such an approach will help the student to find his/her place in the structure of production processes of the enterprise, to understand the information links in the machine-building enterprise, as well as prepare him/her for the use of automated design and control systems.

Keywords: engineering training, mechanical engineering, systems approach, product life cycle, automated design and management systems.

Поступила в редакцию/received: 04.04.2023; после рецензирования/revised: 24.04.2023;
принята/accepted: 12.05.2023