

СИМУЛЯЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ГИГИЕНИЧЕСКОМУ И ЭРГОНОМИЧЕСКОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Сулкарнаева Г.А.^{1,2}, Ахмедова И.Д.³, Сулкарнаева Л.Д.^{2,3}, Хайруллина Л.Б.¹,
Булгакова Е.В.^{1,2}

¹ ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, general@tyuiu.ru;

² ФГБОУ ВО «Тюменский государственный медицинский университет», Тюмень, tgma@tyumsmu.ru;

³ ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», Тюмень, inzem@utmn.ru

Проанализировано содержание учебно-методических комплексов дисциплин «Ноксология», «Производственная санитария и гигиена труда», «Основы эргономики», «Экологическое проектирование и экспертиза», «Геоэкологическое проектирование и экспертиза» и определены их возможности для обеспечения профессиональной проектной деятельности выпускника по направлениям подготовки 20.03.01 – Техносферная безопасность, 05.03.06 – Экология и природопользование (уровень бакалавриата). Предложен метод симуляционного проектирования размещения производственных объектов, обеспечивающих гигиенические, экологические и эргономические требования, а также условия труда, необходимые для сохранения здоровья работающих, и охрану окружающей природной среды от воздействия техногенных факторов. Разработанная модель ситуационного плана местности для проектирования размещения производственных объектов рекомендована для поэтапного использования при изучении указанных дисциплин. Предлагаемый эргономический алгоритм проектирования производственных систем в сочетании с гигиеническими и экологическими аспектами позволяет обучающимся самостоятельно разрабатывать рекомендации по оптимизации условий труда на производстве и охране окружающей среды. Анализируется эффективность комплексного и поэтапного использования на практических и лабораторных занятиях методов интеграции учебных дисциплин, симуляционного проектирования, итераций при проектировании, эргономического проектирования и эргономичной оценки, а также уровень сформированности у обучающихся профессиональных компетенций по проектной деятельности.

Ключевые слова: проектирование, производственная система, гигиенические требования, экологические нормативы, эргономические принципы, интеграция дисциплин, проектная деятельность выпускника, симуляционное обучение.

SIMULATION TRAINING IN ECOLOGICAL, HYGIENIC AND ERGONOMIC DESIGN OF WORK SYSTEMS

Sulkarnaeva G.A.^{1,2}, Akhmedova I.D.³, Sulkarnaeva L.D.^{2,3}, Khairullina L.B.¹,
Bulgakova E.V.^{1,2}

¹ FSBEI HE «Industrial University of Tyumen», Tyumen, general@tyuiu.ru;

² FSBEI HE «Tyumen State Medical University», Tyumen, tgma@tyumsmu.ru;

³ FSAEI HE «University of Tyumen», Tyumen, inzem@utmn.ru

The content of educational and methodical complexes of the disciplines "Noxology", "Industrial Sanitation and Occupational Hygiene", "Fundamentals of Ergonomics", "Ecological Design and Expertise", "Geoeological Design and Expertise" are analyzed and their capabilities for providing professional design activities of a graduate in areas of training 03.20.01 - Technosphere safety, 03.05.06 - Ecology and environmental management (bachelor degree level) are determined. A method of simulation design for the placement of production facilities that provide hygienic, environmental and ergonomic requirements, as well as the working conditions necessary to preserve the health of employees, and the environmental protection from the negative effects of man-made factors are proposed. The developed model of the situational plan for the design of the location of production facilities is recommended for phased use in the study of these disciplines. The proposed ergonomic design algorithm of work systems in combination with hygienic and environmental aspects allows students to independently develop recommendations on how to optimize working conditions and protect the environment. The effectiveness of integrated and phased use of practical methods of integrating educational disciplines, simulation design, iterations in design, ergonomic design and ergonomic assessment, as well as the level of development of professional competencies in project activities among students are analyzed.

Keywords: design, work system, hygienic requirements, ecological standards, ergonomic principals, discipline integration, graduate design practice, simulation education.

Гигиена, экология и эргономика имеют множество интегративных возможностей повышения трудовой эффективности путем оптимизации условий труда, проведения промышленного экологического контроля и всех процессов, с ними связанных. На безаварийное производство в любой отрасли влияют рабочие процессы и комфортные условия для работников, в том числе сложившиеся технологические, экономические, организационные, экологические и человеческие факторы, поскольку человек является неотъемлемой частью производственной системы.

Включение гигиенических, экологических и эргономических знаний при проектировании производственных систем в значительной мере должно быть направлено на обеспечение требований комфортной работы и безопасности персонала, что и определяет актуальность нашего исследования.

Степень научной проработанности проблемы исследования: подробно понятие «симуляционное (имитационное) обучение» рассмотрено в работах Кавтарадзе Д.Н. [1; 2]; термин «проектирование» раскрыт в работах Джонс Дж.К. [3], Ермолаевой С.С. [4], Яковлевой Н.Ф. [5]; определение понятия «производственная система» представлено в ГОСТ Р ИСО Р6385-2007 [6]; основные составляющие производственной системы рассмотрены в работе Б.А. Смирнова, Ю.И. Гулого, А.А. Харченко [7]; гигиенические требования к проектированию промышленных предприятий определены в СП 2.2.1.1312-03 [8], экологические требования к проектированию санитарно-защитных зон указаны в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 [9], вопросы эргономического проектирования производственных систем представлены в работах Фрумкина А.А., Зинченко Т.П., Винокурова Л.В. [10], Г.А. Сулкарнаевой [11].

За основу эргономического проектирования взяты элементы ГОСТ Р ИСО Р6385-2007 «Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем» [6]. Стандарт применяется в ситуациях, когда при проектировании производственных систем предполагается использование знаний и накопленного опыта в области эргономики.

Термин «производственная система» используют для обозначения большого ряда производственных условий и структур, которые рассматриваются с целью их улучшения, проектирования (перепроектирования) или изменения.

Производственная система включает в себя людей и оборудование в заданном рабочем пространстве и производственных условиях, взаимодействующих при функционировании данной системы на основе соответствующей организации рабочего процесса.

«Производственная система (work system)» определяется как система, включающая одного и более работников и производственное оборудование, работающих совместно для

выполнения производственных функций в определенном рабочем пространстве, в рабочей среде, в условиях, определяемых производственными заданиями [6].

Нами рассматривается проектирование производственной системы не только в системе «работники – производственное оборудование», но и в системе «производственная система – окружающая среда».

Понятие «проектирование» относится к итеративному и структурированному процессу, состоящему из нескольких этапов, результатом которого является новый или доработанный проект. Наилучшим образом проектирование выполняет многодисциплинарная (многофункциональная) команда проектировщиков. Соответственно, подготовка выпускников вуза к проектной деятельности должна проводиться на многодисциплинарной основе.

Область профессиональной деятельности выпускников, обозначенная в ФГОС ВО по направлению подготовки 20.03.01 – Техносферная безопасность (уровень бакалавриата), предусматривает обеспечение безопасности человека в современном мире, формирование комфортной для жизни и деятельности человека техносферы, минимизацию техногенного воздействия на окружающую среду, сохранение жизни и здоровья человека за счет использования современных технических средств, методов контроля и прогнозирования [12].

ФГОС ВО по направлению подготовки 05.03.06 – Экология и природопользование [13] в качестве результатов обучения предполагает способность осуществлять прогноз техногенного воздействия, владение знаниями об оценке воздействия на окружающую среду, правовыми основами природопользования и охраны окружающей среды.

В связи с обозначенным считаем, что подготовка бакалавров по данным направлениям должна осуществляться на основе реализации интегративного подхода. Для обеспечения области профессиональной деятельности выпускников в качестве интегрируемых дисциплин (модулей) определены «Ноксология», «Производственная санитария и гигиена труда», «Основы эргономики», «Экологическое проектирование и экспертиза», «Геоэкологическое проектирование и экспертиза».

В разработанных авторами статьи учебно-методических комплексах интегрируемых дисциплин обозначены темы лекционных, практических и лабораторных занятий, контрольно-оценочные средства, ориентированные на обеспечение профессиональной проектной деятельности выпускника.

Цель исследования заключается в определении возможностей использования симуляционных (имитационных) образовательных технологий для реализации интегративного подхода в обучении экологическим, гигиеническим и эргономическим аспектам проектирования производственных систем.

Материалы и методы исследования. Объектом исследования является образовательный процесс высшего учебного заведения, осуществляющего подготовку обучающихся по направлениям 20.03.01 – Техносферная безопасность, 05.03.06 – Экология и природопользование.

Основными методами исследования являются:

- анализ содержания учебно-методических комплексов по дисциплинам (модулям): «Ноксология», «Производственная санитария и гигиена труда», «Основы эргономики», «Экологическое проектирование и экспертиза», «Геоэкологическое проектирование и экспертиза»;

- метод интеграции учебных дисциплин с целью обеспечения профессиональной проектной деятельности выпускника;

- метод симуляционного проектирования размещения производственных объектов, обеспечивающего соблюдение экологических, гигиенических и эргономических требований, а также условий труда, необходимых для сохранения здоровья работающих, и охраны окружающей природной среды от воздействия техногенных факторов;

- метод итераций при проектировании организации производственных систем;

- метод эргономического проектирования и эргономичной оценки (соответствия оборудования требованиям эргономики).

Анализ содержания учебно-методических комплексов по дисциплинам (модулям): «Ноксология», «Производственная санитария и гигиена труда», «Основы эргономики», «Экологическое проектирование и экспертиза», «Геоэкологическое проектирование и экспертиза» включал определение тем практических и лабораторных занятий и их содержания, при изучении которых возможно использование технологий проектирования.

Метод интеграции учебных дисциплин с целью обеспечения профессиональной проектной деятельности выпускника использовался нами для выделения интегративных областей учебных дисциплин, а также с целью поэтапного использования разработанных нами средств обучения: модели ситуационного плана местности и содержания заданий по его использованию, имеющих специфику в зависимости от преподаваемой дисциплины; а также содержание ситуационных задач, тестовых заданий, требующих знаний этих дисциплин.

Основой метода симуляционного проектирования является компоновка объемных моделей и частей макета непосредственно в пространстве. Данный метод проектирования позволяет в относительно сжатые сроки рассматривать большое количество вариантов размещения производственных объектов относительно рельефа местности, ландшафтов,

расположения водоемов, источников водоснабжения, розы ветров, транспортной инфраструктуры, селитебной зоны.

Метод симуляционного проектирования сопровождается методом итераций. Итеративный процесс - процесс выполнения работ по проектированию параллельно с непрерывным анализом полученных результатов и корректировкой предыдущих этапов работы.

Метод итераций используется нами в процессе оценивания подходящих альтернатив по проектированию производственных систем и предусматривает накопление достаточной информации в различных областях проектирования. Рассмотренную и расположенную в определенном порядке проектную информацию одной изучаемой дисциплины используют на последующих стадиях проектирования, при изучении последующих дисциплин.

Метод эргономического проектирования и метод эргономичной оценки (соответствия производственного оборудования требованиям эргономики) основываются на эргономических руководящих принципах проектирования оптимальной рабочей среды с точки зрения ее комфортности, безопасности и здоровья персонала, включая повышение его профессионального мастерства и приобретение дополнительных профессиональных навыков для достижения необходимой технологической результативности и экономической эффективности.

На каждой стадии эргономического проектирования учитываются взаимовлияние многочисленных факторов в производственной системе: принимаются решения о распределении функций между персоналом и оборудованием, рассматриваются требования к обучению; учитывается многофакторное влияние, а также влияние факторов друг на друга; обучающимися, участвующими в проектировании, оцениваются альтернативы и принимается окончательное решение.

При проектировании производственных систем использовались основные этапы, отраженные в ГОСТ Р ИСО Р6385-2007 [6]: формулировка целей (анализ требований к системе); анализ и распределение функций; концепция проекта; детализация проекта; выполнение, валидация и внедрение; оценка.

Результаты исследования и их обсуждение. Проведенный анализ содержания учебно-методических комплексов по дисциплинам (модулям) «Ноксология», «Производственная санитария и гигиена труда», «Основы эргономики», «Экологическое проектирование и экспертиза», «Геоэкологическое проектирование и экспертиза» позволили определить темы практических и лабораторных занятий и их содержание, при изучении которых возможно использование технологий проектирования:

- УМКД «Ноксология» («Воздействие предприятий на окружающую среду»; «Техногенные опасности: опасные химические вещества и виброакустические факторы»; «Определение размеров очага заражения при выбросе аварийно химически опасных веществ»; «Определение категорий помещений по взрывопожарной опасности»; «Последствия аварий на химически опасных объектах» и др.);

- УМКД «Производственная санитария и гигиена труда» («Гигиенические требования к проектированию промышленных предприятий», «Классы условий труда. Общие принципы профилактики неблагоприятного воздействия производственных факторов»; «Микроклимат производственного помещения. Рекомендации по профилактике воздействия охлаждающего и нагревающего микроклимата»; «Оценка токсичности промышленных ядов. Средства коллективной и индивидуальной защиты от вредных веществ»; «Гигиеническая оценка производственной пыли. Мероприятия по борьбе с пылью на производстве. Очистка воздуха от пыли и вредных химических веществ»; «Общие подходы к решению проблем безопасности нанотехнологий для здоровья работников»; «Гигиеническая оценка производственной вентиляции. Устройство приточно-вытяжной общеобменной вентиляции»; «Гигиеническая оценка инсоляционного режима, естественного и искусственного освещения. Разработка мер по улучшению условий освещения»; «Защита на производстве от электромагнитных полей»; «Разработка мер защиты от ионизирующих излучений»; «Коллективные и индивидуальные средства защиты от производственного шума и вибрации»; «Меры защиты от биологических производственных факторов» и др.);

- УМКД «Основы эргономики» («Основы эргономического проектирования производственных систем», «Эргономическое проектирование размещения и планировки промышленного предприятия», «Оценка по показателям качества систем "человек - машина"», «Эргономические требования к проектированию рабочего пространства, рабочих мест и технических средств деятельности», «Проектирование рабочих мест», «Оператор в системе "человек-машина" и общая схема его деятельности» и др.);

- УМКД «Экологическое проектирование и экспертиза» («Экологическое проектирование природоохранных и прочих видов объектов»; «Структура и особенности проекта санитарно-защитной зоны»; «Структура и особенности проекта зон санитарной охраны»; «Методологические, правовые и нормативные основы и принципы экологической экспертизы проектируемых объектов»; «Проектно-изыскательское дело» и др.);

- УМКД «Геоэкологическое проектирование и экспертиза» («Структура и особенности проекта нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ и микроорганизмов в водные объекты»; «Геоэкологическое проектирование предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу»; «Изучение основных

законодательных норм в области проектирования хозяйственной деятельности по обращению с отходами на примере проекта нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР)»; «Геоэкологическое проектирование природоохранных и прочих видов объектов» и др.).

Далее нами были определены интегративные области указанных дисциплин. Например, интегративная область «Проектирование размещения промышленных предприятий» включает: токсикологическую составляющую - «Воздействие предприятий на окружающую среду», санитарно-гигиеническую составляющую – «Гигиенические требования к проектированию промышленных предприятий», эргономическую составляющую – «Эргономическое проектирование размещения и планировки промышленного предприятия». Аналогично данному примеру сформированы интегративные области: «Проектирование зданий промышленных предприятий», «Проектирование рабочих мест», «Проектирование средств индивидуальной защиты», «Экологическое проектирование природоохранных и прочих видов объектов» и т.д.

Для реализации интегративной области «Проектирование размещения промышленных предприятий» поэтапно, в соответствии с учебным планом изучения дисциплин, нами использовалась модель ситуационного плана местности для размещения производственных объектов относительно селитебной зоны, рельефа местности, ландшафтов, агрофонов, расположения водоемов, источников водоснабжения, розы ветров, транспортной инфраструктуры и др. При разработке модели использовались рекомендации Д.Н. Кавтарадзе [1; 2]. Данная модель использовалась нами, на первом этапе, при изучении токсикологии для проектирования размещения промышленных предприятий и определения их воздействия на окружающую среду.

На втором этапе, при изучении производственной санитарии и гигиены труда, на этой же модели ситуационного плана проектировалось размещение промышленных предприятий в соответствии с гигиеническими требованиями (учет аэроклиматической характеристики, рельефа местности, закономерностей распространения промышленных выбросов в атмосфере, потенциала загрязнения атмосферы (ПЗА), с подветренной стороны по отношению к жилой, рекреационной, курортной зоне, зоне отдыха населения, а также санитарной охраны источников водоснабжения в водоохранных и прибрежных зонах рек).

Для производственных объектов с технологическими процессами, являющимися источниками неблагоприятного воздействия на среду обитания и здоровье человека, устанавливаются санитарно-защитные зоны (СЗЗ) в соответствии с санитарной классификацией предприятий, производств, объектов. Размер СЗЗ, ее организация и благоустройство определяются в соответствии с требованиями нормативных документов.

На практических занятиях по производственной санитарии и гигиене труда определяется достаточность размера ширины СЗЗ, подтверждается расчетами прогнозируемых уровней загрязнения атмосферного воздуха, распространения шума, вибрации, электромагнитных полей, радиации и др. факторов с учетом фонового загрязнения среды обитания. Таким образом, второй этап формирования профессиональной проектной деятельности обучающихся является интегративным и итеративным, т.к. опирается на знания, умения и навыки, полученные при проектировании номенклатурной составляющей.

На третьем этапе проектирования, при изучении модуля «Основы эргономики» дисциплины «Инженерная психология и эргономика», на этой же модели проводилось эргономическое проектирование размещения производственных систем. В процессе эргономического проектирования учитывались: удобство расположения предприятия с населенным пунктом, с железной дорогой (для транспортировки товаров, деталей и др., производимых на данном предприятии), с источниками сырья и др. Третий этап формирования проектной деятельности – эргономическое проектирование размещения и планировки промышленного предприятия, сопровождался использованием метода итераций, каждый шаг проектирования параллельно анализировался и корректировался с позиции эргономики, а также производственной санитарии и экологии.

Описанный выше вариант реализации интегративной области «Проектирование размещения промышленных предприятий» возможен только при согласованной деятельности преподавателей всех учебных дисциплин, определении конкретного объема проектирования и содержания заданий на проектирование, в соответствии со спецификой преподаваемой дисциплины и наличия модели.

Реализация интегративных областей «Проектирование зданий промышленных предприятий», «Проектирование рабочих мест», «Проектирование средств индивидуальной защиты» и др. требует также согласованности преподавателей, а также наличия схем (чертежей) зданий промышленных предприятий для их экспертизы и проектирования; фотографий (слайдов) рабочих мест для проектирования и разработки рекомендаций по их оптимизации; реальных средств индивидуальной защиты для их усовершенствования.

Эффективность комплексного и поэтапного использования на практических и лабораторных занятиях методов интеграции учебных дисциплин, симуляционного проектирования, итераций при проектировании, эргономического проектирования и эргономической оценки подтверждается результатами тестирования, проведенного в конце третьего этапа формирования профессиональной проектной деятельности.

По сравнению с контрольной группой, где использовались традиционные формы обучения, экспериментальная группа показала лучшие результаты. Из 50 тестовых заданий

по теме «Проектирование производственных систем» в контрольной группе справились в среднем только с 32, в экспериментальной группе - в среднем с 46 заданиями.

Эффективность использования методики разработки эргономического алгоритма проектирования производственных систем на практических занятиях по «Основам эргономики» определялась способностью и готовностью разрабатывать правильные рекомендации по оптимизации условий труда на производстве, в том числе на рабочих местах.

Выводы. Проведенный анализ содержания учебно-методических комплексов по дисциплинам (модулям) «Ноксология», «Производственная санитария и гигиена труда», «Основы эргономики», «Экологическое проектирование и экспертиза», «Геоэкологическое проектирование и экспертиза» позволил определить интегративные области «Проектирование размещения промышленных предприятий», «Проектирование зданий промышленных предприятий», «Проектирование рабочих мест», «Проектирование средств индивидуальной защиты», «Экологическое проектирование природоохранных и прочих видов объектов», реализация которых должна осуществляться поэтапно при согласованной деятельности преподавателей всех учебных дисциплин, определении конкретного объема проектирования и содержания заданий на проектирование, в соответствии со спецификой преподаваемой дисциплины и наличия модели.

Предлагаемая нами модель представляет объемный ситуационный план местности для размещения производственных объектов относительно селитебной зоны, рельефа местности, ландшафтов, агрофонов, расположения водоемов, источников водоснабжения, розы ветров, транспортной инфраструктуры и др. Модель используется для поэтапной реализации интегративной области «Проектирование размещения промышленных предприятий» и ее экологической, санитарно-гигиенической и эргономической составляющих.

Результаты сравнительного эксперимента доказывают эффективность комплексного и поэтапного использования на практических занятиях по ноксологии, производственной санитарии и гигиене труда, основам эргономики, экологическому проектированию и экспертизе, геоэкологическому проектированию и экспертизе методов интеграции учебных дисциплин, метода симуляционного проектирования, метода итераций при проектировании, методов эргономического проектирования и эргономической оценки, а также более высокий уровень сформированности у обучающихся экспериментальной группы профессиональных компетенций по проектной деятельности.

Список литературы

1. Кавтарадзе Д.Н. Мастерская игр: ремесло и искусство. М.: Акрополь. 2013. 446 с.
2. Кавтарадзе Д.Н. Обучение и игра. Введение в активные методы обучения. 2- изд. М.: Просвещение. 2009. 176 с.
3. Джонс Дж. К. Методы проектирования. Перевод с английского. М.: Мир, 1986. 326 с.
4. Ермолаева С.С. Модель педагогического проектирования качества организации обучения в вузе // Вестник КГУ. 2010. № 1. С.249-254.
5. Яковлева Н.Ф. Проектная деятельность в образовательном учреждении учеб. пособие. 2-е изд., стер. М. : ФЛИНТА, 2014. 144 с.
6. ГОСТ Р ИСО 6385-2016 Эргономика. Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем [Электронный ресурс], URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200140609> (дата обращения: 17.12.2018).
7. Смирнов Б.А., Гулый Ю.И., Харченко А.А. Эргономическая оценка систем «Человек-машина». Х.: Изд-во «Гуманитарный центр», 2014. 404 с.
8. Санитарно-эпидемиологические правила СП 2.2.2.1312-03 «Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий» [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_42349/ (дата обращения: 17.12.2018).
9. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/12158477/b89690251be5277812a78962f6302560/> (дата обращения: 17.12.2018).
10. Фрумкин А.А., Зинченко Т.П., Винокуров Л.В. Методы и средства эргономического обеспечения проектирования. СПб.: ПГУПС, 1999. 178 с.
11. Сулкарнаева Г.А. Эргономическое проектирование производственных систем: Методические указания к выполнению практических и самостоятельных работ. Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. 77 с.
12. Приказ Минобрнауки России от 21.03.2016 N 246 (ред. от 13.07.2017) «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность (уровень бакалавриата)», [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_42349/ (дата обращения: 18.12.2018).
13. Приказ Минобрнауки России от 11.08.2016 N 998 (ред. от 13.07.2017) "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по

направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование (уровень бакалавриата)" (Зарегистрировано в Минюсте России 26.08.2016 N 43432). [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_204045/20d73e0f458ff0c816d1fbf749c23b280085edaa/ (дата обращения: 20.12.2018).