

Технология и технологические машины

УДК 378.096

DOI 10.18698/0536-1044-2016-11-40-49

Анализ форм проведения технологических практик для подготовки квалифицированных инженерных кадров*

И.И. Кравченко, В.И. Заварзин, Н.Н. Бушуев, С.Г. Смирнов, В.В. Бушуева

МГТУ им. Н.Э. Баумана, 105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

The Analysis of Technological Practices for Training Qualified Engineering Personnel

I.I. Kravchenko, V.I. Zavarzin, N.N. Bushuev, S.G. Smirnov, V.V. Bushueva

BMSTU, 105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1



e-mail: krieg@yandex.ru, dekan.oep@gmail.com, agrohim1@rambler.ru, ssmirnov1945@mail.ru, vbysh2008@rambler.ru

i Обоснована актуальность разработки технологических систем будущими инженерами. Дан анализ параметров технологической системы, созданной студентом во время прохождения производственной практики на кафедре «Технология машиностроения» МГТУ им. Н.Э. Баумана. Отмечены новизна и эффективность данной системы. Раскрыто значение проведения непрерывной научно-производственной практики для подготовки квалифицированных специалистов. Отмечена важность совпадения специфики базового предприятия и профиля кафедры вуза. Приведены основные характеристики производственного обучения, проводимого на кафедре «Технология машиностроения». Рекомендовано при прохождении непрерывной научно-производственной практики использование рациональных способов, применяемых на других факультетах и кафедрах МГТУ им. Н.Э. Баумана. В качестве примера показаны новизна и практическая значимость форм и методов организации практики на факультете «Оптико-электронное приборостроение». Приведены наиболее значимые особенности, которых нет на других инженерных факультетах вуза. Даны рекомендации по дальнейшему совершенствованию методов проведения непрерывной научно-производственной практики. Предложены формы участия в ней не только преподавателей профилирующих кафедр и сотрудников базового предприятия, но и преподавателей некоторых других кафедр. Показана необходимость использования зарубежного опыта решения инженерных задач. Сделаны выводы, имеющие практическое значение для подготовки квалифицированных инженерных кадров.

Ключевые слова: технологическая система, непрерывная научно-производственная практика, базовое предприятие, учебно-производственный паспорт, зарубежный опыт решения инженерных задач.

* Работа выполнена при поддержке гранта 16-23-01004"а(м)" РГНФ-БФФИ «Философско-методологические и естественно-научные основания современных биологических и экологических концепций».

i In this paper the importance of developing technological systems by future engineers is substantiated. The parameters of a technological system developed by a student during practical training at the Department of Technologies of Mechanical Engineering at BMSTU are analyzed. The originality and efficiency of the system is emphasized. The value of continuous research and production practice for preparing highly qualified specialists is highlighted. The importance of a match between the specific field of the base company and the specialization of the University Department is pointed out. The main characteristics of the practical training at the Department of Technologies of Mechanical Engineering are described. It is recommended that the rational methods in conducting continuous research and practical training undertaken by other faculties and departments of BMSTU be employed by the department in question. The novelty and practical importance of the forms and methods of continuous practical training at the Department of Optic and Electronic Instrumentation are shown as the example. The most significant features that are missing at other engineering departments of the University are described. The recommendations for further improvement of continuous research and practical training are given. It is suggested that not only the faculty of the specialist departments and the staff of the base company be involved, but also the faculty of some other departments. The need to use foreign experience in solving engineering problems is emphasized. Conclusions that have practical value for training qualified engineers are made.

Keywords: technological system, continuous research and production practices, basic enterprise, training and production passport, foreign experience in solving engineering problems.

В настоящее время техника позволяет решать самые важные проблемы человечества и является основой современной цивилизации. В этих условиях возрастает роль инженера. Однако в настоящее время обострились противоречия между требованиями, предъявляемыми к инженеру на производстве, и реальными возможностями выпускника технического вуза. Вследствие этого возникает проблема подготовки молодого специалиста с практическими навыками инженерной деятельности, способного с университетской скамьи включиться в процесс производства. В связи с этим формирование таких навыков у будущих инженеров является важнейшей задачей образовательного процесса технического университета.

Цель работы — описание одной из форм подготовки специалистов, позволяющей минимизировать изложенные выше противоречия за счет совершенствования организации проведения технологических практик.

На всех инженерных факультетах МГТУ им. Н.Э. Баумана всегда уделялось большое внимание практической работе с будущими специалистами, подготовке их к самостоятельной деятельности. Фундаментальная подготовка была связана с опытом практической работы, что является сохранением и развитием «русского метода обучения». И сегодня студентов привлекают к участию в рационализаторской, исследовательской работе кафедры. Следует отметить, что в университетах Западной Европы

исследовательской работе будущих инженеров уделяется значительное внимание [1].

Самым важным звеном формирования практических навыков у будущих специалистов является непрерывная научно-производственная практика, которая занимает значительную часть времени их обучения в вузе и обеспечивает сближение инженерного образования с наукой и производством. Это позволяет студенту соединить теорию с практикой, использовать новейшие достижения науки и техники, участвовать в заводской деятельности, увидеть в готовом изделии результаты своего инженерного труда и научиться мыслить грамотно технически, экономически и социально.

Наряду с общими принципами прохождения учебно-производственной практики, которые отражены в работах [2, 3], следует учитывать специфику и возможности базового предприятия, профиль кафедры и многие другие факторы [4, 5]. На каждом факультете вуза взаимодействие производственного и учебного процессов наряду с общими положениями имеет и свои особенности. Однако в любом случае самым важным является процесс формирования будущего инженера не только с практическими навыками, но и с творческой направленностью в дальнейшей деятельности. В этом направлении МГТУ им. Н.Э. Баумана имеет существенные результаты.

В качестве примера проанализируем технологическую систему, разработанную будущим

инженером на кафедре «Технология машиностроения», которая имеет практическую значимость и новизну. На этой кафедре важную роль в формировании практических и творческих навыков при подготовке специалистов высшей квалификации отводят производственному обучению, совершенствованию методики организации и проведения производственной практики. Целью производственного обучения является использование теоретических знаний в области общетехнических и специальных дисциплин для практической работы в реальных производственных условиях, а также приобретение практических навыков инженерной деятельности. Это достигается в процессе обучения и прохождения студентами различных видов производственной практики: учебной, технологической, конструкторско-технологической, проектно-технологической и преддипломной. Будущие инженеры знакомятся с методами получения заготовок и их обработки, технологическим оборудованием и оснасткой; работают на нем, получая навыки эксплуатации и ремонта; участвуют в технологической подготовке производства, изучают сборку узлов и изделий, механическую обработку деталей, методы контроля параметров качества; учатся применять вычислительную технику при конструировании, разработке технологических процессов и управлении оборудованием и производством в целом.

На каждом этапе студенты выполняют производственную работу и учебное задание, изучают производственную структуру предприятия, вопросы организации производства и характер выпускаемой продукции. В период практики обязательными являются лекции ведущих специалистов предприятия, а также изучение вопросов охраны труда и окружающей среды, проведение экскурсий по базовым цехам. Затем студенты выполняют индивидуальные задания и технический отчет о практике, в который включают мероприятия по технике безопасности, охране труда и окружающей среды.

Кафедра «Технология машиностроения», имея многолетний опыт организации и проведения технологической практики, осуществляет подготовку будущих инженеров на факультетах МТ, СМ, РК, Э по 137 учебным планам, включая производственное обучение. Базой для проведения практики являются передовые машиностроительные предприятия: НПО «Сатурн»,

НПО «Салют», НПО «Энергомаш», НПО «Раменский приборостроительный завод» и др. Особый интерес представляет Инжиниринговый центр использования лазерных технологий в машиностроении Владимирского государственного университета (ИЦ ВлГУ). Здесь преддипломную практику проходил студент группы МТЗ-121 Ю.А. Лютиков (научный руководитель — доцент И.И. Кравченко (МГТУ им. Н.Э. Баумана), научный консультант — канд. техн. наук А.Б. Люхтер (ИЦ ВлГУ)). В научно-исследовательском разделе его дипломной работы содержалось следующее задание. На базе инновационных решений с использованием нового высокотехнологического оборудования смоделировать технологическую операцию лазерного термоупрочнения детали — гильзы водометного двигателя, выполненной из стали 30ХГСА. Рассчитать и экспериментально обосновать режимы лазерного термоупрочнения на образце из такого же материала. Аттестовать полученные физико-механические свойства материала и выбрать оптимальные режимы лазерной термообработки для стабильного получения требуемых характеристик детали.

Актуальность темы задания обоснована следующими факторами:

- гильза (ответственная деталь блока цилиндров водометного двигателя), внутренняя поверхность отверстия $\varnothing 75H7$ которой воспринимает основные динамические нагрузки, подвержена интенсивному изнашиванию при эксплуатации плавающего средства в нагруженных режимах: агрессивная среда (морская вода, горные водяные потоки, локальные наводнения и т. п.);
- обеспечение безаварийной работы плавающих средств в экстремальных условиях;
- минимизация вероятности выхода из строя водометного двигателя при преодолении встречных и боковых водных потоков;
- гильза является тонкостенной деталью, внутреннее отверстие которой подвергается термической обработке до твердости HRC 45 в печах или токами высокой частоты, что приводит к существенному ее короблению и требует увеличения припусков на последующую механическую обработку.

Для проведения эксперимента по лазерному термоупрочнению сконструирована технологическая система, состоящая из серийного лазерного роботизированного комплекса (рис. 1) российской разработки, который включает в себя ит-



Рис. 1. Лазерный роботизированный комплекс:
 1 — двухосевой позиционер; 2 — генератор; 3 — рабочий стол; 4 — датчик слежения; 5 — иттербиевый волоконный лазер ЛС-3; 6 — робот с шестью степенями свободы; 7 — пульт управления; 8 — емкость с технологическим газом; 9 — газовый смеситель

тербиевый волоконный лазер ЛС-3 производства НТО «ИРЭ-Полюс», лазерную головку, робот с шестью степенями свободы и двухосевой позиционер производства Fanuc.

Основные технические характеристики лазерного роботизированного комплекса

Тип	Шарнирно сочлененный
Максимальная нагрузка на запястье, кг	50
Количество осей, шт.	6
Повторяемость, мм.	±0,07
Радиус рабочей зоны, мм	2 050
Степень защиты манипулятора	IP 54
Установка	Напольная, потолочная, настенная
Масса механического блока, кг	560
Максимальная скорость движения, град/с, осей:	
J1/J2/J3	175/175/175
J4/J5	250/250
J6	355

Технические характеристики иттербиевого волоконного лазера ЛС-3

Номинальная выходная мощность, кВт	1...3
Длина волны излучения, нм:	
минимальная	1 065
типовая	1 070
максимальная	1 080
Время включения/выключения (при номинальной выходной мощности), мкс:	
типовое	30
максимальное	100
Параметры выходного волоконного кабеля:	
длина, м	20
диаметр, мм	12
радиус изгиба при работе/в нерабочем состоянии, мм.	200/100

Начальные условия для проведения эксперимента выбраны с использованием данного технологического оборудования. Для отработки технологических режимов и проведения исследования на предмет целесообразности внедрения технологической операции лазерного поверхностного термоупрочнения (ЛПТ) изготовлена пластина из той же стали 30 ХГСА размером 10×10×5 мм.

Анализ результатов геометрических расчетов показал, что для ЛПТ заготовки необходимо, чтобы луч лазера находился под углом 35° от зеркала поверхности стола. Это условие обязательно, так как только при таком значении угла можно обработать поверхность, не затрагивая и не задевая другие поверхности гильзы водометного двигателя. Для начального режима обработки такого материала под указанным углом выбраны следующие параметры: фокусное расстояние линзы $F = 350$ мм; скорость перемещения лазерной головки $v = 30$ мм/с; диаметр луча лазера $d = 3$ мм; расстояние от сварочной головы до места сварного соединения $f_{\text{раб}} = 270$ мм; начальное значение мощности лазерного излучения $P = 2\ 600$ Вт.

На основе исходных данных сформулированы следующие технические требования:

- термически упрочненная зона не должна содержать большое количество оплава;
- глубина упрочнения должна быть не менее 0,4 и не более 0,5 мм;
- ширина упрочненных зон не должна превышать 5 мм;
- скорость обработки и фокусное расстояние должны быть стабильными во времени.

Перечисленные требования назначены по результатам анализа литературных источников и конструкции детали [6, 7]. Исходя из начальных условий проведения эксперимента и анализа технических требований, составлен план исследования.

Для оценки подобранных режимов ЛПТ и температурных воздействий на заготовку выполнено компьютерное моделирование в среде SolidWorks. Для проведения эксперимента модель пластины разделили на 10 зон термического упрочнения, каждая из которых соответствовала заданному режиму. Для каждой зоны термического упрочнения использованы следующие начальные параметры: температура 20 °С; мощность лазерного излучения 2 600 Вт; время действия лазерного луча 4 с. Затем было рассчитано значение теплового по-

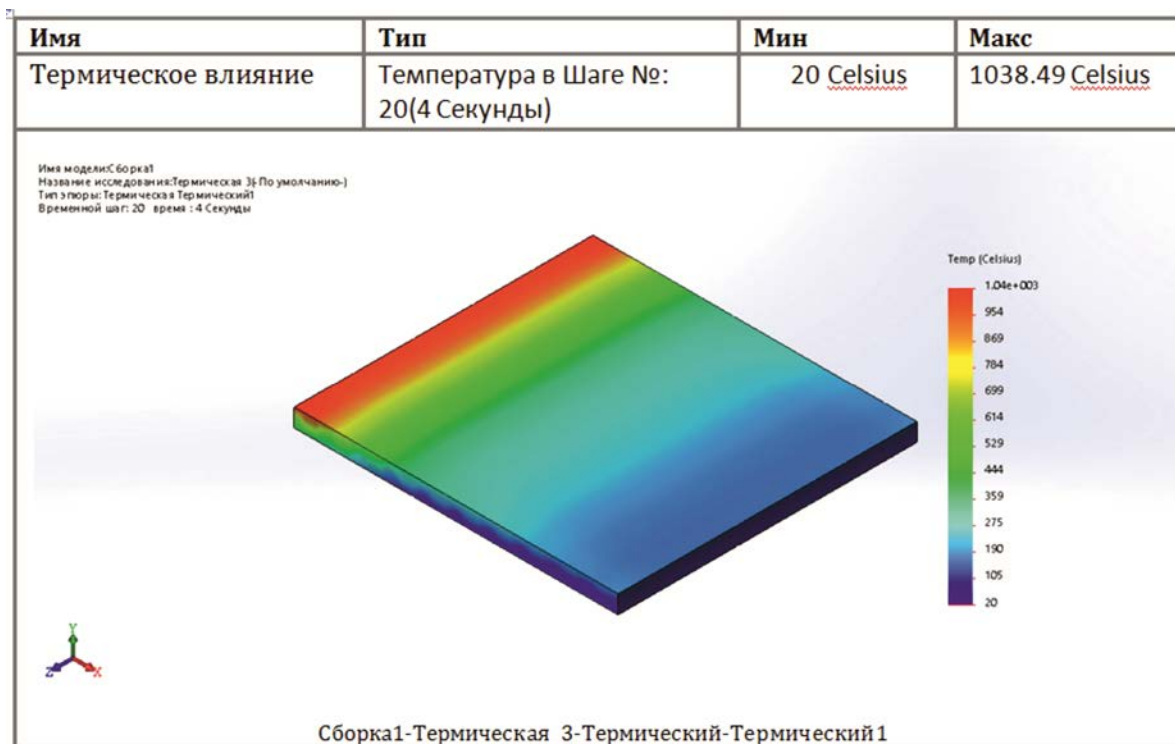


Рис. 2. Компьютерное моделирование распределения температур на образце

тока и получен результат его влияния на заготовку.

По результатам компьютерного моделирования сделан вывод о том, что эпюры температуры, полученные при воздействии лазерного излучения на заготовку, показывают корректное значение, согласующееся с режимами ЛПТ (рис. 2), что позволяет использовать их на дальнейших этапах исследования.

Перед проведением эксперимента измеряли значение твердости заготовки. В начале эксперимента опытный образец — пластину из стали 30ХГСА — очищали от окалины и подготавливали для работы, затем ее устанавливали на стол роботизированного лазерного комплекса с помощью универсально-сборного приспособления. Перед началом ЛПТ выставляли начальные режимы обработки. В процессе эксперимента варьировалась только мощность лазерного излучения, а скорость и фокусное расстояние оставались постоянными.

В соответствии с определенной спецификой детали неизменными условиями работы являются: угол наклона лазерной головки 35° , фокусное расстояние линзы $F = 300$ мм и скорость $v = 30$ мм/с. Только такое сочетание параметров технологического процесса может обеспечить необходимые значения пятна контакта лазер-

ного излучения и глубины упрочненного слоя, что позволит избежать погрешностей обработки в процессе ЛПТ (рис. 3, 4). Параметры процесса ЛПТ опытного образца приведены в таблице.

Затем с помощью стационарного (по Роквеллу) и переносного твердомеров измеряли твердость каждого термоупрочненного участка. Для достижения большей точности проводили по 10 замеров каждой зоны термического упрочнения. Далее торцевую поверхность пластины полировали и травили, после чего на ней проявились зоны термоупрочнения. Размеры (ширину и глубину) упрочненного слоя (рис. 5) определяли с помощью микроскопа фирмы Altam studio.

На рис. 6 отчетливо видна граница зоны термического влияния с зоной неупрочненного материала, место упрочнения пластины имеет структуру мартенсита (игольчатое строение). Это означает, что образец из стали 30ХГСА закален до твердости, соответствующей требованиям конструкции. На этом рисунке также видно зону термического влияния, которая показывает, как происходил отвод тепла в материал.

Изучение микроструктуры упрочненных зон пластины и измерение глубины термоупрочнения ее поверхностного слоя проводили

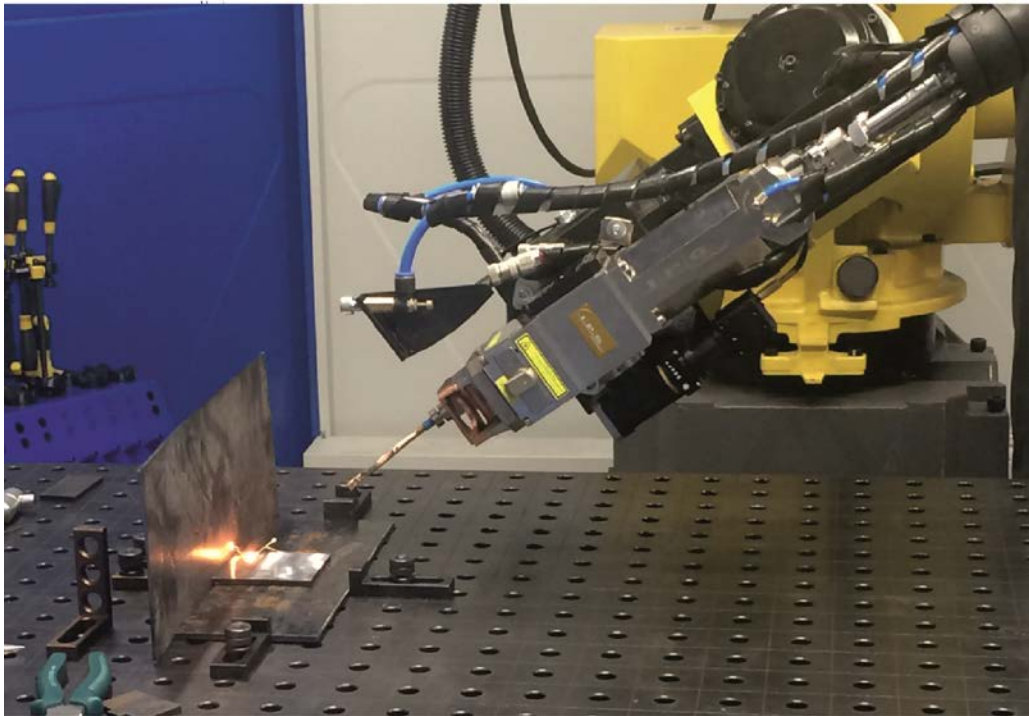


Рис. 3. Обработка пластины на лазерном комплексе

Параметры процесса ЛПТ опытного образца

Параметр	Шифр зоны термического упрочнения									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P , Вт	2 600	2 000	1 500	1 200	1 100	1 050	1 000	900	850	800
v , мм/с	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
$f_{\text{раб}}$, мм	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270
F , мм	350	350	350	350	350	350	350	350	350	350

с помощью металлографического микроскопа NIKON EPIHOT 200 и микротвердомера ПМТ-3 (рис. 7).

При исследовании микроструктуры упрочненных зон на каждой стадии эксперимента получены результаты, которые показали, что наилучшая микроструктура упрочненных слоев образуется при лазерном излучении мощностью 1 050 и 1 000 Вт.

При работе такой технологической системы необходимо соблюдать условия безопасности труда. Будущие инженеры принимают активное участие в разработке технических систем для обеспечения безопасности труда и защиты окружающей среды, анализ которых свидетельствует об их новизне и практической значимости.

Таким образом, рассмотренная технологическая система свидетельствует о достаточно высоком уровне практической подготовки моло-

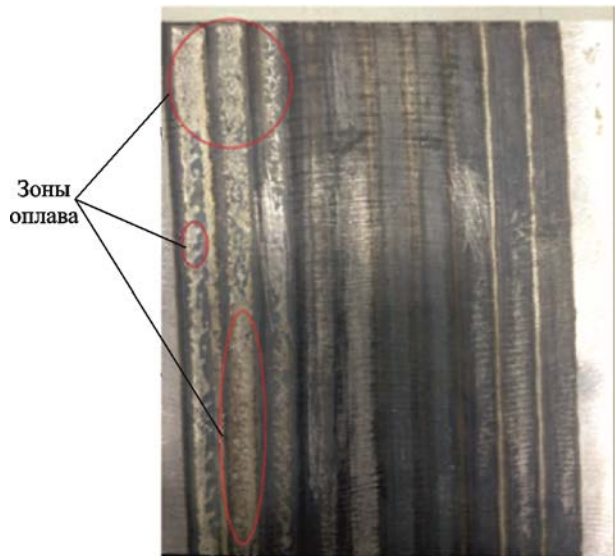
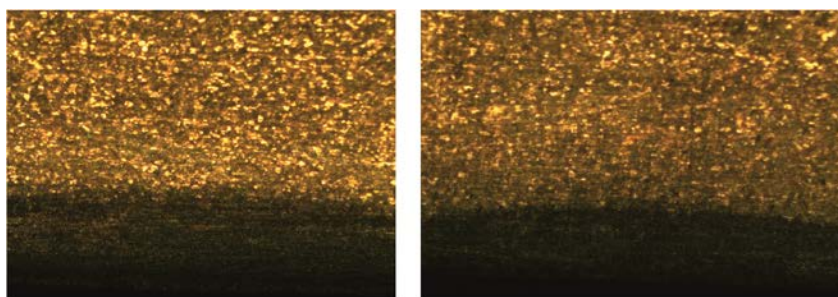


Рис. 4. Опытный образец при различных режимах лазерного термоупрочнения



Рис. 5. Торцевая поверхность пластины после травления с видимыми упрочненными слоями



a

б

Рис. 6. Металлографическое изображение (увеличение $\times 50$):

a — граница зон термического влияния упрочненного и неупрочненного материалов при мощности лазерного излучения $P = 1\ 050$ Вт; *б* — термоупрочненная зона при мощности $P = 800$ Вт

дых специалистов на кафедре «Технология машиностроения». Следует отметить, что на кафедре имеется значительное количество технических систем, самостоятельно и творчески разработанных будущими инженерами. Самостоятельной работе студентов способствуют рациональные формы и методы организации производственного обучения.

Как уже отмечалось, на всех факультетах и кафедрах МГТУ им. Н.Э. Баумана наряду с общими положениями проведения непрерывной научно-производственной практики есть свои

выдающиеся особенности, которые можно рекомендовать для использования на других кафедрах. Следует обратить внимание на особенности и новизну формы организации непрерывной научно-производственной практики на факультете «Оптико-электронное приборостроение», которая проходит на Красногорском заводе им. С.А. Зверева, производящем оптико-электронные приборы [8]. Такое совпадение специфики базового предприятия и факультета является важным фактором формирования практических навыков у студентов. В этом слу-



a



б



в

Рис. 7. Измерение глубины термоупрочненного поверхностного слоя (*a*, *б*) и микротвердости (*в*) при мощности лазерного излучения $P = 1\ 050$ Вт

чае предприятие заинтересовано, чтобы квалифицированные инженеры после окончания МГТУ им. Н.Э. Баумана пришли сюда работать.

Другой отличительной особенностью организации непрерывной научно-производственной практики на этом факультете является учебно-производственный паспорт, в котором указаны и подробно описаны все стадии практики. Его также можно использовать в качестве учебно-методического пособия. Паспорт, выдаваемый каждому будущему инженеру перед первой практикой, рассчитан на весь период обучения. В нем перечислены все виды практической и теоретической деятельности студента, показана их взаимосвязь, что дает возможность создать запланированную и целостную систему подготовки специалистов. В паспорте постоянно фиксируется прохождение конкретного вида производственной практики, что позволяет контролировать взаимодействие будущих специалистов и базового предприятия, т. е. привлечение студентов к работе, не связанной с их специальностью, исключено. Таким образом, учебно-производственный паспорт представляет собой содержательное и значимое методическое пособие для студентов при прохождении ими непрерывной научно-производственной практики.

Учебно-производственный паспорт содержит также все необходимые сведения о будущем инженеру, в том числе о его творческих возможностях, активности на производстве, отношении к работе, организованности, регулярности посещения и о случаях нарушения трудовой дисциплины. Такой наглядный учет результатов прохождения практики дисциплинирует и способствует развитию ответственного отношения к производству. Паспорт помогает найти творческих, способных молодых специалистов, выявить их возможности для дальнейшей инженерной деятельности.

Следует отметить, что подготовка и формирование квалифицированных инженерных кадров — творческий процесс. Для дальнейшего совершенствования форм организации и проведения научно-производственной практики можно предложить следующие рекомендации. В научно-производственной практике необхо-

димо участие преподавателей не только профилирующих, но и гуманитарных дисциплин, что позволит развивать навыки социальной адаптации, избегать конфликтных ситуаций, соблюдать этические и правовые нормы в отношениях с руководством и коллегами и др.

Необходимо использовать и зарубежный опыт, в частности, методы активизации поиска инженерных идей и решений [9, 10]. При работе студентов над дипломным проектом требуется также участие преподавателей кафедры «Экология и промышленная безопасность», поскольку в каждом дипломном проекте есть раздел, посвященный технической надежности разрабатываемой системы и ее безопасности для человека и окружающей среды [11, 12]. В период прохождения практики будущие инженеры обязательно изучают вопросы охраны труда и защиты окружающей среды, принимая участие в разработке подобных мероприятий. Таким образом, при подготовке квалифицированных инженерных кадров необходим комплексный, междисциплинарный подход.

Выводы

1. Предложенная форма организации практики показала свою результативность и может быть применима на других факультетах и кафедрах.

2. Для социальной адаптации будущих инженеров в научно-производственной практике рекомендуется участие преподавателей кафедр экологии и гуманитарных дисциплин с применением междисциплинарного подхода к подготовке специалистов.

3. В качестве примера рациональной формы организации практики приведены результаты компьютерного моделирования лазерного термоупрочнения поверхностного слоя тонкостенной детали из стали 30ХГСА.

4. Моделирование позволило установить оптимальные параметры комплекса лазерного термоупрочнения. Анализ результатов эксперимента показал, что наилучшая микроструктура упрочненных слоев наблюдается при мощности лазерного излучения 1 050 и 1 000 Вт.

Литература

- [1] Потапцев И.С., Бушуева В.В., Бушуев Н.Н. Анализ основных факторов, определяющих появление открытий и изобретений в науке и технике. *Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана*, 2014, № 4, с. 398–415. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/704879.html> (дата обращения 23 декабря 2015).

- [2] Заварзин В.И., Гоев А.И. Интеграция образования, науки и производства. *Российское предпринимательство*, 2001, № 4, с. 48–56.
- [3] Герди В.Н., Дорофеев А.А., Заварзин В.И., Юдачев С.С. Целевая подготовка специалистов при предприятиях-заказчиках. *Полет*, 2000, спец. выпуск, с. 67–70.
- [4] Дорофеев А.А., Лукьяшко А.В. Кадровые потребности производства ракетно-космической отрасли и варианты модернизации высшего технического образования. *Полет*, 2010, № 1, с. 52–56.
- [5] Дорофеев А.А., Комаров М.В. Целевая подготовка инженеров на факультетах при ведущих предприятиях ракетно-космической отрасли и реформирование российского высшего технического образования. *Полет*, 2013, № 12, с. 48–52.
- [6] Григорянц А.Г. Лазерные технологии в машиностроении. *Наукоемкие технологии в машиностроении*, 2001, № 1, с. 41–59.
- [7] Григорянц А.Г., ред. *Технические процессы лазерной обработки*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 334 с.
- [8] Ковальчук А.К. МГТУ им. Н.Э. Баумана — кузница кадров оборонных отраслей промышленности. *Полет*, 2000, спец. выпуск, с. 81–84.
- [9] Aznar G. *La creativite dans l'entreprise*. Paris, Editions d'Organisation, 1971. 185 p.
- [10] Mathieu-Batsch Colette. *Invitation a la creative*. Paris, 1983. 132 p.
- [11] Александров А.А., Девисилов В.А., ред. *Материалы V Всероссийского совещания ведущих кафедр вузов по вопросам образования в области безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды, 30 сентября — 6 октября 2013*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. 286 с.
- [12] Бушуева В.В., Бушуев Н.Н. Экологические аспекты в работе со студентами в техническом университете. *Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана*, 2015, № 6, с. 477–499. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/780370.html> (дата обращения 23 декабря 2015).

References

- [1] Potapstev I.S., Bushueva V.V., Bushuev N.N. Analiz osnovnykh faktorov, opredelivayushchikh poiyavlenie otkrytii i izobretenii v nauke i tekhnike [Analysis of Main Factors Influencing the Emergence of Inventions and Discoveries in Science and Technology]. *Nauka i obrazovanie. MGTU im. N.E. Bauman* [Science and Education. Bauman MSTU]. 2014, no. 4, pp. 398–415. Available at: <http://technomag.bmstu.ru/doc/704879.html> (accessed 23 December 2015).
- [2] Zavarzin V.I., Goev A.I. Integratsiia obrazovaniia, nauki i proizvodstva [Integration of education, science and industry]. *Rossiiskoe predprinimatel'stvo* [Russian Journal of Entrepreneurship]. 2001, no. 4, pp. 48–56.
- [3] Gerdi V.N., Dorofeev A.A., Zavarzin V.I., Iudachev S.S. Tselevaia podgotovka spetsialistov pri predpriatiiakh-zakazchikakh [Target training at customer companies]. *Polet* [Flight]. 2000, special iss., pp. 67–70.
- [4] Dorofeev A.A., Luk'iashko A.V. Kadrovye potrebnosti proizvodstva raketno-kosmicheskoi otrasli i varianty modernizatsii vysshego tekhnicheskogo obrazovaniia [Human Resources for Space and Rocket Industry: Ways to Step up Higher Technical Education]. *Polet* [Flight]. 2010, no. 1, pp. 50–54.
- [5] Dorofeev A.A., Komarov M.V. Tselevaia podgotovka inzhenerov na fakul'tetakh pri vedushchikh predpriatiiakh raketno-kosmicheskoi otrasli i reformirovanie rossiiskogo vysshego tekhnicheskogo obrazovaniia [Targeted Training of Engineers at Aculties under Leading Space Rocket Enterprises and Reformation of Education]. *Polet* [Flight]. 2013, no. 12, pp. 48–52.
- [6] Grigoriants A.G. Lazernye tekhnologii v mashinostroenii [Laser technology in mechanical engineering]. *Naukoemkie tekhnologii v mashinostroenii* [Science intensive technologies in mechanical engineering]. 2001, no. 1, pp. 41–59.
- [7] *Tekhnicheskie protsessy lazernoi obrabotki* [Technical laser machining processes]. Ed. Grigoriants A.G. Moscow, Bauman Press, 2006. 334 p.

- [8] Koval'chuk A.K. MGTU im. N.E. Baumana — kuznitsa kadrov oboronnykh otraslei promyshlennosti [BMSTU — source of manpower defense industries]. *Polet* [Flight]. 2000, special iss., pp. 81–84.
- [9] Aznar G. *La creativite dans l'entreprise*. Paris, Editions d'Organisation, 1971. 185 p.
- [10] Mathieu-Batsch Colette. *Invitation a la creative*. Paris, 1983. 132 p.
- [11] *Materialy 5 Vserossiiskogo soveshchaniia zaveduiushchikh kafedrami vuzov po voprosam obrazovaniia v oblasti bezopasnosti zhiznedeiatel'nosti i zashchity okruzhaiushchei sredy, 30 sentiabria — 6 oktiabria 2013* [5 Materials All-Russia meeting of heads of departments of universities on education in the field of life safety and environmental protection, 30 September — 6 October 2013]. Ed. Aleksandrov A.A., Devisilov V.A. Moscow, Bauman Press, 2013. 286 p.
- [12] Bushueva V.V., Bushuev N.N. *Ekologicheskie aspekty v rabote so studentami v tekhnicheskoy universitete* [Environmental Aspects of the Engineering Training at Technical University]. *Nauka i obrazovanie. MGTU im. N.E. Baumana* [Science and Education. Bauman MSTU]. 2015, no. 6, pp. 477–499. Available at: <http://technomag.bmstu.ru/doc/780370.html> (accessed 23 December 2015).

Статья поступила в редакцию 25.05.2016

Информация об авторах

КРАВЧЕНКО Игорь Игоревич (Москва) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: kriig@yandex.ru).

ЗАВАРЗИН Валерий Иванович (Москва) — доктор технических наук, декан факультета «Оптико-электронное приборостроение». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: dekan.oep@gmail.com).

БУШУЕВ Николай Николаевич (Москва) — кандидат биологических наук, доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д.5, стр. 1, e-mail: agrohim1@rambler.ru).

СМИРНОВ Сергей Георгиевич (Москва) — кандидат технических наук, доцент кафедры «Экология и промышленная безопасность». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: ssmirnov1945@mail.ru).

БУШУЕВА Валентина Викторовна (Москва) — кандидат философских наук, доцент кафедры «Философия». МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, Российская Федерация, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1, e-mail: vbysh2008@rambler.ru).

Information about the authors

KRAVCHENKO Igor Igorevich (Moscow) — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Department of Technologies of Mechanical Engineering. Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1, e-mail: kriig@yandex.ru).

ZAVARZIN Valeriy Ivanovich (Moscow) — Doctor of Science (Eng.), Dean, Department of Optic and Electronic Instrumentation. Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1, e-mail: dekan.oep@gmail.com).

BUSHUEV Nikolay Nikolaevich (Moscow) — Candidate of Science (Biology), Associate Professor, Department of Ecology and Industrial Safety. Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1, e-mail: agrohim1@rambler.ru).

SMIRNOV Sergey Georgievich (Moscow) — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Department of Ecology and Industrial Safety. Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1, e-mail: ssmirnov1945@mail.ru).

BUSHUEVA Valentina Viktorovna (Moscow) — Candidate of Science (Philosophy), Associate Professor, Philosophy Department. Bauman Moscow State Technical University (105005, Moscow, Russian Federation, 2nd Baumanskaya St., Bldg. 5, Block 1, e-mail: vbysh2008@rambler.ru).