

Актуальность пересмотра программы подготовки специалиста в области машиностроения в свете новых технологических разработок

М. П. Кульгейко,
заведующий кафедрой
«Технология машиностроения»,
кандидат технических наук, доцент,

И. В. Царенко,
доцент кафедры «Технология
машиностроения», кандидат технических наук;
Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого

В условиях бума новых технологий одним из основных факторов, сдерживающих их внедрение и развитие в машиностроительной отрасли, является недостаток квалифицированных специалистов, связанный с тенденцией запаздывания в освоении новых технологических, материаловедческих разработок при обучении, инерционностью учебных программ, их ориентацией на классические, но уже устаревающие технологии и технологическое обеспечение производства. Современное машиностроительное производство требует нового, более гибкого подхода к разработке образовательных программ подготовки специалистов в области машиностроительных технологий.

В современном машиностроении наряду с классическими технологиями металлообработки, такими как штамповка, прокатка, мехобработка, все больше применяются новые прогрессивные технологии: лазерные, плазменные и т. д. Использование новых технологий – главный тренд последних лет в любой сфере промышленного производства. На появление технологических инноваций система образования отвечает сегодня введением новых специальностей. При этом содержание «старых» остается практически без изменений. Насколько целесообразен такой подход? Что более оправданно: введение модных (но часто узких) специальностей или же модернизация в соответствии с машиностроительными тенденциями уже существующих?

Далее рассмотрим возможные изменения программы подготовки специалистов в области технологии машиностроения, связанные с новыми тенденциями в технологической науке и практике, проанализируем изучаемые будущими специалистами машиностроительного профиля дисциплин (общепрофессиональные и специальные) с точки зрения их соответствия современным тенденциям в области машиностроения: перспективным материалам и технологиям.

Каковы же на сегодняшний день эти тенденции?

Машиностроительные материалы

Нельзя не заметить изменений, происходящих в области машиностроительных материалов. Так, о тенденции применения новых материалов в автотракторостроении было подчеркнуто в декабре 2017 г. на II съезде ученых Республики Беларусь в докладе Первого заместителя Председателя Президиума НАН Беларуси академика С. А. Чижика [1]. Если раньше отрасль машиностроения была ориентирована практически только на обработку металлов, то сегодня постоянно растет сектор неметаллических материалов, среди которых особое место занимают полимеры и композиционные полимерные материалы (КПМ). В структуре всех крупных машиностроительных предприятий Беларуси (БелАЗ, МАЗ, Гомсельмаш и др.) существуют и расширяют сферу своей деятельности подразделения, занимающиеся вопросами их внедрения.

Наибольшее усиление роли полимеров и КПП проявляется на примере автомобильной отрасли машиностроения [2]. Уже сегодня современный автомобиль на 10–15 % состоит из пластиковых деталей [3], применение которых позволяет:

- уменьшить его вес;
- повысить шумо- и теплоизоляцию;
- улучшить внешний вид;
- снизить трудоемкость его изготовления.

Особенно перспективно применение пластиковых деталей при изготовлении крупногабаритных деталей (кабин и кузовов), поскольку на долю кузова приходится около половины массы автомобиля и его стоимости [2; 4].

Как прогнозируют аналитики, процент используемых в автомобиле пластиковых деталей будет постоянно расти, и к 2030 г. их доля в автомобиле может приблизиться к 75 % [5]. Подобные прогнозы основываются на тенденции к ужесточению международных стандартов в области экологии и энергопотребления.

Так, в США к 2020 г. планируется внедрить стандарт, согласно которому каждый пассажирский автомобиль должен будет проезжать на 1 галлоне (4,55 литра) не менее 54,5 мили (87,55 км). А к 2025 г. США планирует снизить выбросы парниковых газов на 30 % [5].

Исследовательская программа PNGV (Partnership for a New Generation of Vehicles) между правительством США и тремя главными автомобильными корпорациями (Daimler Chrysler, Ford Motor Company и General Motors Corporation) поставила цель разработать суперэкономичные автомобили с расходом топлива 2,9/100 км [6]. Эта цель может быть достигнута при разработке принципиально новой модели легкого композитно-полимерного автомобиля. Было установлено, что каждые 10 % снижения веса автомобиля приводят к уменьшению расхода топлива на 5–7 % [3].

Белорусские ученые, как и все разработчики новых материалов, активно работают над созданием перспективных для машиностроения полимеров и КПП. Научные исследования и технические разработки в области полимерных материалов ведутся в более чем 40 организациях Беларуси с привлечением более 30 докторов наук [4]. Значительный научный интерес представляют работы Института механики металлополимерных систем имени В. А. Белого (ИММС) НАН Беларуси, Института химии новых материалов НАН Беларуси, Института тепло- и массообмена имени В. А. Лыкова НАН Беларуси и др. В ИММС НАН Беларуси разработан целый ряд материалов, эффективно применяемых на машиностроительных предприятиях Белару-

си: смесевые полиамидные композиты «Этамид» (потребители – МАЗ, МТЗ, Гомсельмаш), «Этамид ЭА-ЭУ» (потребитель – Автоваз, БелАЗ, МТЗ), около 70 марок фрикционных материалов (потребители – МАЗ, МТЗ, Гомсельмаш, БелАЗ), самосмазывающиеся антифрикционные материалы (потребители – МТЗ, Гомсельмаш, БелАЗ) и др. [2].

Поворот от стального машиностроения к композиционному естественным образом ведет к изменениям в технологической базе производства. Классические технологии металлообработки дополняются технологиями формования изделий из полимеров и композитов.

Каковы на сегодняшний день основные тенденции в области машиностроительных технологий?

Машиностроительные технологии

Количество новых технологий, применяемых в машиностроении, просто огромно, и обзор этих технологических новшеств не является целью данной работы. Однако невозможно не сказать о технологии, которая грозит вытеснить из производства классические технологии и претендует на роль одного из главных открытий XXI в. (несмотря на то, что ее появление относят к 80-м гг. XX в.). У этой технологии достаточно много имен (а разновидностей еще больше): технология послойного синтеза, технология «трехмерной печати» (3D-печать), технология быстрого прототипирования, аддитивная технология (в английской транскрипции – Additive Fabrication (AF-технология) или Additive Manufacturing (AM-технология)). Последнее название – аддитивная технология (или, вернее, технологии) – получило наиболее широкое распространение, поскольку уже в названии отражается ее главная особенность и отличие от классических технологий: построение детали происходит путем добавления материала (от англ. *add* – добавлять), в отличие от традиционных технологий, где создание детали происходит путем удаления «лишнего» материала.

Взрывной характер развития этих технологий стимулировало широкое распространение цифровых технологий в области проектирования (CAD), моделирования и расчетов (CAE), механообработки (CAM). Таким образом, вся технологическая цепь производства изделия может выполняться полностью в цифровой CAD/CAM/CAE-системе (без традиционной бумажно-чертежной документации), обеспечивая реализацию полностью цифрового производства [6].

Сегодня можно перечислить большое количество технологий, относящихся к аддитивным: FDM (Fused deposition modeling) – послойное построение изделия из расплавленной пластиковой ни-

ти, SLM (Selective laser melting) – селективное лазерное сплавление металлических порошков, SLS (Selective laser sintering) – селективное лазерное спекание полимерных порошков, MJM (Multi-jet Modeling) – многоструйное моделирование с помощью фотополимерного или воскового материала, PolyJet – отверждение жидкого фотополимера под воздействием ультрафиолетового излучения, CJP (Color jet printing) – послойное распределение клеящего вещества по порошковому гипсовому материалу и др. Большая часть этих технологий направлена на получение изделий из пластика и полимерных материалов.

Но сегодня развиваются и АF-технологии, позволяющие «выращивать» изделия из металла и керамики. Освоение технологии выращивания из металлических порошков является одной из стратегических задач машиностроения [7]. Ожидается, что наибольший эффект от ее использования может быть получен в космической индустрии (сопла, детали ракетных двигателей), самолетостроении (детали газотурбинных двигателей), автомобилестроении (детали двигателей, конструкционные детали), в энергетическом машиностроении и для изготовления инструментов [7].

Особенно впечатляют успехи применения этих технологий в аэрокосмической и автомобильных отраслях. Так, более 80 % двигателей нового поколения для самолетов CFM LEAP (производство компании General Electric), которые будут доступны к 2020 г., изготавливают с использованием АF-технологий. При помощи этих технологий создаются топливные форсунки, лопасти в самолетах. В последние годы компания Boeing значительно увеличила номенклатуру деталей, изготавливаемых по АМ-технологиям. Сейчас таким образом получают более 22 тысяч деталей 300 наименований для 10 типов военных и коммерческих самолетов [8].

У аддитивных технологий много преимуществ: экономичность (производство происходит практически без потерь сырья), возможность получения изделия любой сложности (причем сложность не влияет на стоимость), высокий КПД производства (производство сокращено за счет исключения промежуточных операций), высокое качество продукции (свойства изделия превосходят аналоги, полученные традиционными методами).

Западные аналитики рассматривают степень внедрения АМ-технологий в материальное производство как надежный индикатор реальной индустриальной мощи государства [6]. Уже в 2012 г. в США был создан Национальный институт аддитивных технологий. В Китае в данном направлении работают 20 исследовательских организаций

и 45 университетов. Национальные ассоциации по аддитивным технологиям образованы в 22 странах [8]. В Беларуси также ведется большая работа в направлении развития АМ-технологий. Так, в 2016 г. была проведена первая белорусская научно-техническая конференция «Аддитивные технологии: материалы и конструкции», а на II съезде ученых Республики Беларусь в декабре 2017 г. был предложен проект стратегии формирования и развития белорусской экономики «Наука и технологии 2018–2040», в котором внедрение аддитивных технологий было выделено в приоритетное направление развития научно-технологической сферы. Согласно стратегии аддитивные технологии и композиционные материалы (вместе с IT-, нано- и биотехнологиями) определяют новейший «технологический пакет», на базе которого должен быть построен развитый неоиндустриальный комплекс, отвечающий вызовам четвертой промышленной революции [9]. Уже с сентября 2015 г. НАН Беларуси совместно с Министерством образования, Государственным комитетом по науке и технологиям и другими заинтересованными ведомствами приступили к формированию в республике научно-образовательного кластера по робототехнике, мехатронике и аддитивному производству. Туда вошли Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, БНТУ, БГУиР, ПГУ и др. Для скорейшего и наиболее эффективного освоения аддитивных технологий особое внимание должно быть уделено подготовке соответствующих научных и инженерных кадров.

Насколько существующие программы подготовки специалистов в области машиностроительных технологий могут справиться с этой задачей?

Учебные программы

Анализ структуры и содержания типового учебного плана подготовки инженерных кадров по специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения», регламентированного образовательным стандартом [10], указывает на однозначную ориентацию учебного процесса на технологии/оборудование металлообработки. Что касается материаловедческих и технологических дисциплин, то содержание типовой учебной программы остается практически без изменений в течение десятилетий и абсолютно не отражает новые направления в области используемых в машиностроении материалов и технологий (таблица 1).

На все инновации в сфере науки и производства наша система высшего образования отвечает введением новых специальностей. Так, относительно недавно введены специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств

Содержание образовательных стандартов трех поколений специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» в разрезе материаловедческих и технологических дисциплин

Наименование дисциплины	Объем в часах для образовательных стандартов различных поколений		
	I поколение [11]	II поколение [12]	III поколение [10]
Технология материалов	130	134	114
Материаловедение	100	109	106
Детали машин	150	189	132
Теория резания	110	109	106
Металлорежущие станки*	140	163	159
Режущий инструмент	130	103	135
Проектирование и производство заготовок	100	109	132
Основы технологии машиностроения*	190	163	194
Технологическая оснастка	110	109	106
Технология машиностроения*	374	386	348

Примечание. В образовательных стандартах разных поколений наименования дисциплин отличаются.

(по направлениям)», 1-36 01 04 «Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов», 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий». Специальность 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств» охватывает десять направлений: от машиностроения и приборостроения до сельского хозяйства. Получился сложный многовариантный образовательный стандарт. По направлению «Машиностроение и приборостроение» специализация «Автоматизация технологической подготовки производства» предполагает освоение технологической подготовки производства (по существу – программа подготовки инженеров-технологов) с помощью средств автоматизации, компьютерных технологий. Тогда возникают следующие вопросы: должен ли инженер-технолог классической специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» выполнять проектирование и расчеты без использования средств автоматизации? Может ли современный инженер-технолог быть не знаком с технологиями высокоэффективных процессов обработки материалов или аддитивными технологиями? Должно ли появление новых технологий непременно вести к открытию новых специальностей? Или же более целесообразно в образовательные программы существующих специальностей включать новые дисциплины, модернизируя тем самым традиционные специ-

альности, делая их более конкурентоспособными и привлекательными на рынке образовательных услуг?

Безусловно, специалисты в области автоматизации, трехмерной печати, технологии высокоэффективных процессов обработки материалов нужны. Но это не означает, что студенты классических специальностей (технология машиностроения, литейное производство, обработка давлением, сельхозмашиностроение и др.) не должны изучать новейшие технологические и материаловедческие разработки. Например, в производстве штампов и прессформ требуется знание таких высокоэффективных процессов обработки материалов, как электроэрозионная и другие физико-технические способы обработки, в инструментальном производстве и химическом машиностроении – технология вакуумных покрытий, а освоение аддитивных технологий необходимо (и уже применяется) в ювелирном производстве, медицине, приборостроении и т. д. Что касается информационных технологий, то в перспективе ИТ-технологии отделить от традиционных отраслей будет невозможно, так как любые отрасли производства (и другие сферы деятельности) будут ИТ. Откуда взять время для новых дисциплин (новых разделов изучаемых дисциплин)?

При разработке новых учебных программ неизбежна тенденция сокращения времени изучения

устаревающих, хотя и классических технологий. Например, изучение процесса раскроя листового материала на гильотинных ножницах уже становится не актуальным (хотя это оборудование и применяется на предприятиях) с появлением лазерного раскроя. Практически не применяется технология обработки сложных фасонных поверхностей на копировально-фрезерных станках. Существенно уменьшается парк многошпиндельных, многолезцовых, агрегатных станков в традиционном их исполнении и т. п.

В то же время более широко используются перспективные физико-технические методы обработки, новые конструкционные и инструментальные материалы, в том числе наноматериалы, нетрадиционные технологические системы и другие конкурентоспособные машиностроительные технологии. Так на какое оборудование и технологии нужно ориентировать студента в процессе обучения в первую очередь: на реально имеющиеся в распоряжении на предприятиях – потенциальных объектах распределения – или на современные, передовые, прогрессивные, но часто отсутствующие на заводах?

Ответ однозначен: приоритет в обучении необходимо отдавать новым, перспективным направлениям. И выпускаться вузом должен не просто специалист, а носитель новых технологических идей, иначе эти идеи рискуют никогда не реализоваться на производстве. А аргументы в пользу того, что такие «продвинутые» молодые специалисты не смогут адаптироваться в реальном производстве с реальным устаревшим оборудованием, не убедительны: чтобы стать настоящими профессионалами, молодым специалистам в любом случае придется многому учиться в конкретных производственных условиях. Анализ же образовательных программ (типовых учебных планов и программ дисциплин) указывает на явный дефицит прогрессивных технологий нового поколения.

Современные тенденции изменений в машиностроительном производстве материаловедческой и технологической направленности требуют пересмотра и корректировки учебных планов и программ подготовки специалистов в области технологии машиностроения. Увеличение полимерного сегмента в доле машиностроительных материалов доказывает необходимость введения новых курсов (часов) для изучения технологий обработки КППМ, применяемых в машиностроении.

Также современным специалистам машиностроительных технологий необходим курс аддитивных технологий. Введение расширенных курсов целесообразно в первую очередь в программу

подготовки магистров технологии машиностроения. В уменьшенном объеме их необходимо ввести и при подготовке специалистов. Временная ограниченность обучения бакалавров не позволяет ввести отдельный курс по новым технологиям в их учебный план, поэтому предлагается корректировка уже существующих учебных программ по дисциплинам материаловедческого и технологического направлений с введением дополнительных часов изучения прогрессивных технологий.

Список использованных источников

1. Михайловская, С. На пороге четвертой промышленной / С. Михайловская // *Беларуская думка*. – 2018. – № 2. – С. 56–62.
2. Кульгейко, М. П. Полимерные композиционные материалы в образовательной программе подготовки инженера-машиностроителя / М. П. Кульгейко, И. В. Царенко // *Полимерные материалы и технологии*. – 2018. – № 2. – С. 57–63.
3. 13 High Performance Plastics Used in the Automotive Industry // Report of Craftech Industries, Inc., Hudson, NY, 2017 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.craftechind.com/13-high-performance-plastics-used-in-the-automotive-industry>.
4. Песецкий, С. С. Полимерные композиты многофункционального назначения: перспективы разработок и применения в Беларуси / С. С. Песецкий, Н. К. Мышкин // *Полимерные материалы и технологии*. – 2016. – № 4. – С. 6–30.
5. Мирный, М. Автомобили будущего будут на 75 % из пластика! [Электронный ресурс] / М. Мирный. – URL: <https://mplast.by/novosti/2015-04-02-avtomobili-budushhegobudut-na-75-iz-plastika/>.
6. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении / М. А. Зленко, М. В. Нагайцев, В. М. Довбыш // *Пособие для инженеров*. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ». – 2015. – 220 с.
7. Ильющенко, А. Эффективный инструмент современного машиностроения / А. Ильющенко // *Наука и инновации*. – 2016. – № 2(156). – С. 17–20.
8. Комаров, А. Трехмерная печать: из мечты в реальность / А. Комаров // *Наука и инновации*. – 2016. – № 2(156). – С. 26–30.
9. Стратегия «Наука и технологии 2018–2040» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.nasb.gov.by/congress2/strategy_2018-2040.pdf.
10. Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-36 01 01 Технология машиностроения. Квалификация Инженер: ОСВО 1-36 01 01–2013. – Введ. 30.08.2013. – Минск: М-во образования Респ. Беларусь, 2013. – 33 с.
11. Высшее образование. Первая ступень. Специальность Т.03.01.00 Технология, оборудование и автоматизация машиностроения: РД РБ 02100.5.006-98. – Введ. 30.12.1998. – Минск: М-во образования Респ. Беларусь, 1998. – 32 с.
12. Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-36 01 01 Технология машиностроения. Квалификация Инженер: ОСВО 1-36 01 01–2007. – Введ. 01.09.2008. – Минск: М-во образования Респ. Беларусь, 2007. – 31 с.