

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ И КАЧЕСТВО В МАШИНОСТРОЕНИИ

Рассмотрены становление и развитие теории технологической наследственности, основные вехи научного и жизненного пути академика П.И. Яцерицына. Показано влияние применения положений теории технологической наследственности в обеспечение качественных характеристик процессов обработки металлов абразивными и лезвийными инструментами.

***Ключевые слова:** технологическая наследственность; процесс обработки металлов; П.И. Яцерицын; абразивный инструмент; лезвийный инструмент; технология; качество.*

Постановка проблемы. Термин «технологическая наследственность» появился в технической литературе в 50-х годах XX века. Впервые открытое упоминание он нашел в работах Петра Ивановича Яцерицына [1]. Основные признаки и подходы к описанию данного явления просматриваются также в работах А.А. Маталина, А.П. Соколовского [2, 3], других ученых-машиностроителей. Исследователи опирались на работы Вито Вольтерра, других физиков и философов, которые описывали «эффект последствия», определяющий влияние на состояние объекта в данный момент времени прошлых воздействий. Таким образом, под технологической наследственностью стали понимать явление переноса на состояние объекта в данный момент времени прошлых воздействий (применительно к машиностроению – на этапах получения материала, заготовки, формообразования).

Изложение основного материала. Технологическая наследственность базируется и объединяет два емких понятия «технология» и «качество». Данное явление объективно существует и требует от технолога понимания того, как процесс изготовления влияет на выходные параметры изделия и его эксплуатационные свойства. Недаром «технология» с греческого τέχνη переводится как «искусство, мастерство, умение», а λόγος — «мысль, методика, способ производства». Термин «технология» ввел в 1772 году Иоганн Бекман, преподаватель Гёттингенского университета. В современном определении под технологией понимают комплекс организационных мер, операций и приемов, направленных на изготовление,

обслуживание и эксплуатацию изделия заданного качества и оптимальными затратами, и обусловленных текущим уровнем развития науки, техники и общества в целом.

В промышленности изложение технологии описывается в документах, именуемых операционная карта технологического процесса или маршрутная карта. В искусстве технология исполнения спектаклей, пьес, съёмки кинофильмов описывается сценарием. Применительно к политической жизни и экономике при изменении общественного мнения применяется термин «пиар», зачастую негативно воспринимаемый общественностью как чисто рекламная акция. Иногда его заменяют англоязычным словосочетанием Know How (ноу-хау) — «знайте как» (делать). Широко распространены в литературе также тавтологичные обороты: «технология производства», «технология машиностроительного производства» и др.

Основные исследования и разработки Физико-технического института реализуются в машиностроении. Областью наших исследований также являются, в основном, машиностроительные технологии, научной базой которых является технология машиностроения – комплексная инженерная и научная дисциплина об эффективном изготовлении машин заданного уровня качества, – которая включает синтез технических проблем (изготовление машин заданного уровня качества), организации и планирования производства (в установленном производственной программой количестве в заданные сроки), экономики (при наименьшей себестоимости). Как видим, одним из главных приоритетов в технологии машиностроения объявлено обеспечение заданного уровня качества выпускаемой продукции. Качество – совокупная характеристика объекта, определяющая его способность выполнять функции назначения и удовлетворять установленные требования. Качество объекта характеризуется определенной системой показателей, учитывающих его назначение и регламентируемых техническими нормативными правовыми актами на данную продукцию.

В машиностроении наиболее применимы производственно-технические и эксплуатационные показатели качества. К производственно-техническим показателям относятся трудоемкость изготовления, материалоемкость, энергоемкость, стандартизация и унификация и др. К эксплуатационным – показатели назначения, надежность, эргономика, эстетика. Одним из важнейших показателей технических объектов является надежность как свойство объекта сохранять во времени и в установленных пределах значения всех

параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Качество – такое же древнее понятие, как производство продукции и оказание услуг. Пока процесс изготовления, ориентированный на постоянную структуру каждого вида ремесла, находился в поле зрения мастера, он также чувствовал себя ответственным за результат труда и требовал такого от своих людей. Высокий уровень качества продукции обеспечивал мастеру моральный и материальный стимул за результат проделанной работы. Но даже тогда приходилось бороться с рутинной, плохими продуктами и услугами. Ярким примером тому служит «кодекс Хаммурапи» (царь Вавилона приблизительно 1793–1750 гг. до н. э.). Драконовские меры угрожали строителю, если простроенное им сооружение рушилось и ранило людей или наносило повреждения. «...Если строитель построил человеку дом и свою работу сделал непрочным, а дом, который он построил, рухнул и убил хозяина, то этот строитель должен быть казнен. ...Если он погубил имущество, то все, что он погубил, он должен возместить...из собственных средств...» [4]. Как были бы полезны такие меры для советских и современных строителей.

В России наиболее жестко был спрос за качество при Петре Первом. Указ от 11 января 1723 г. достаточно четко давал понять, что угрожало тому, кто даст плохое качество. «...Повелеваю хозяина Тульской фабрики Корнилу Белоглазова бить кнутом и сослать на работу в монастыри, понеже он, подлец, осмелился войску Государеву продавать негодные пищали и фузеи, старшину альдермала Флора Фукса бить кнутом и сослать в Азов, пусть не ставит клейма на плохие ружья...». Просто и доходчиво, в отличие от «комплексных систем качества». С течением времени все большее значение придавалось предупреждению плохого качества при производстве продукции и услуг. Исторический переход от жестких и кровожадных мер поэтапно привел мир к нынешней всеобъемлющей системе качества.

Технологическая наследственность особенно ярко проявляет свой характер в производствах, требующих высокого уровня качества, где влияние технологических режимов на конкретных операциях и переходах, так и последовательность операций наряду с выбором материала и способа получения заготовки оказывают решающее влияние на параметры качества изделий, их эксплуатационные свойства, и особенно, надежность. Роль технолога на таких производствах чрезвычайно важна.

В ряде публикаций имеется, на наш взгляд, несколько перегруженный термин «технологическая и эксплуатационная наследственность». Полагаю, нет необходимости уточнять понятие «технологическая наследственность» с указанием его действия и на период эксплуатации, так как «технология» есть инструмент не только правильного изготовления детали (объекта), но и учитывает его функциональное назначение, т. е. обеспечение эксплуатационных показателей также. Таким образом, понятие «технологическая наследственность» можно определить как методологию и идеологическое оружие технолога в стратегии выбора материала, способа получения заготовки и изготовления деталей и тактике назначения последовательности и режимов технологических операций.

В ФТИ в 1980–1995 гг. в рамках государственных программ фундаментальных исследований выполнены исследования процессов ротационного резания, поверхностно-пластического деформирования, магнитно-абразивной и алмазно-абразивной обработки с позиций технологической наследственности [5, 6]. Выполненные исследования показали, что коэффициенты технологического наследования отдельных параметров на двух последовательных операциях не достаточно корректно описывают закономерности формирования параметров и свойств поверхностного слоя и кинетику параметров при механической и физико-технической обработке. Установление влияния отдельных операций на эксплуатационные свойства полученных поверхностей и деталей в целом затруднено многофакторностью процесса резания, нестабильностью его параметров во времени, отклонениями форм и размеров и другими отклонениями и несоответствиями в моделях или натуральных экспериментах. Достаточно корректно коррелируют данные пооперационного копирования геометрических погрешностей формы деталей на получистовых и финишных операциях, а передачи физико-механических свойств менее устойчивы на таких переходах.

В [7 и др.] явление технологической наследственности рассматривается с применением разнообразных методов анализа и моделирования, современного математического аппарата для расчета выходных показателей при обработке деталей, в том числе коэффициентов наследования и пр. Такие работы полезны при общем рассуждении о влиянии технологической наследственности на качество изготовленных деталей, но, к сожалению, не дают методологических и технологических рекомендаций, направленных на решение конкретных задач. Для производства технологическая наследственность является, скорее, методологией в решении

конкретных задач и нацеливает технолога на необходимость всестороннего анализа при их решении.

Ярким представителем советской школы технологов-машиностроителей и автором теории технологической наследственности является Петр Иванович Ящерицын – академик НАН Беларуси, один из основоположников белорусской школы металлообработки и машиностроения. Прогресс в машиностроении немислим без прогрессивных методов и передовых приемов в металлообработке, которые наиболее востребованы в подшипниковой промышленности, обеспечивающей многие отрасли экономики высокотехнологичной продукцией. Петр Иванович начинал карьеру инженера и ученого именно в подшипниковой промышленности. Здесь он делал первые шаги к венцу своего творческого таланта – созданию теории технологической наследственности-основы технологии машиностроения и методологического руководства обеспечения качества изделий.

Петр Иванович Ящерицын родился 30 июня 1915 г. в небольшом городе Людиново в 80 км от Брянска. Впервые Людиново упоминается в исторических летописях в 1626 г. Здесь зарождалось чугунолитейное и железоделательное производство России, создавался первый в России товарный паровоз и выпущены первые русские рельсы для Николаевской железной дороги, собраны первые в России пароходы по 300 лошадиных сил, запущены первые мартеновские печи. Богатство традиций впитал и приумножил своими деяниями академик Петр Иванович Ящерицын. Трудовую деятельность он начал слесарем-электромонтером Людиновского локомобильного завода после окончания 6-ти классов школы и фабрично-заводского училища. Одновременно обучался на вечернем отделении машиностроительного техникума при заводе. В 1937 г. Петр Иванович поступил в Орджоникидзеградский машиностроительный институт (ныне Брянский государственный технический университет). Заканчивать учебу и защищать диплом пришлось в Нижнем Тагиле, куда институт был эвакуирован. 25 декабря 1941 г. Петр Иванович получил диплом инженера-механика с отличием по специальности «Станки, инструменты и механическая обработка материалов» и был зачислен старшим мастером РМЦ 6-го Государственного подшипникового завода в г. Свердловске 28 декабря. Здесь он прошел трудовой путь до главного инженера-заместителя директора. Поставленные задачи требовали от технического руководителя производства постоянного поиска, быстроты решения проблем качества и повышения ресурса работы подшипников. Одной из острейших проблем в то время был значительный брак по причине

прижогов и трещинообразования при шлифовании колец подшипников. Идея применения высокопористых кругов при шлифовании колец подшипников и подачи смазывающе-охлаждающей жидкости через поры круга непосредственно в зону резания рождалась в цехах завода. Уменьшение массы круга и повышение пороговой скорости прижогообразования позволили увеличить скорость резания при шлифовании до 35–50 м/с и производительность обработки. После освоения

на 6-ом ГПЗ скоростное шлифование начало внедряться на просторах СССР. Полученные в процессе исследований и внедрения скоростного шлифования результаты легли в основу кандидатской диссертации Петра Ивановича, которую он успешно защитил 26 июня 1950 г. в Совете Уральского политехнического института. Свои разработки Петр Иванович активно публиковал в технических изданиях. Первые работы вышли в 1952 г. [8, 9]. В них он анализировал и обобщал передовой опыт механической обработки материалов в подшипниковой промышленности, высказывал свое видение прогресса в данной области и вносил ряд важных технологических новаций и конструкторских решений для внедрения в производство. В его первых работах уже просматривалось стремление проанализировать весь технологический процесс в комплексе, оценить влияние как конкретных операций и переходов, так и их последовательности на эксплуатационные показатели обработанных поверхностей, работоспособность и надежность деталей в узлах и изделиях. Так он постепенно подходил к глубокому научному пониманию взаимосвязей в технологии и формулировке своего важнейшего научного направления – явления технологической наследственности.

В августе 1952 г. Петр Иванович назначен директором строящегося ГПЗ № 11 в г. Минске. Здесь в полной мере развернулись его способности высококвалифицированного специалиста – практика и организатора высокотехнологичного производства, а также крупного ученого в области технологии машиностроения. В июне 1962 г. П.И. Ящерицын возглавил крупнейший технический ВУЗ Беларуси – кузницу кадров для промышленности – Белорусский политехнический институт. Работая на ответственных постах, П.И. Ящерицын постоянно занимался повышением своего научного уровня. В 1962 г. он защитил докторскую диссертацию. В работе всесторонне рассмотрены физические основы и закономерности формирования шероховатости поверхностей при шлифовании и влияние технологических режимов, вида технологических сред и способов их подачи в рабочую зону, связки кругов и других параметров на

эксплуатационные свойства обработанных поверхностей и работу изделий в целом. В диссертации сформулированы целостная система взглядов и основные положения явления технологической наследственности в процессах изготовления и эксплуатации деталей и узлов. В 1969 г. Петр Иванович избран членом-корреспондентом, а в 1974 г. – академиком АН БССР. С апреля 1976 г. П.И. Ящерицын работает в академии наук Беларуси – академиком-секретарем Отделения физико-технических наук Академии наук БССР и одновременно руководит лабораторией физики поверхностных явлений Физико-технического института. Технологическую часть лаборатории прочности Физтеха Петр Иванович принял после преждевременной кончины неумемного и бескомпромиссного академика Е.Г. Коновалова. Петр Иванович придал мощный импульс развитию новых методов механической обработки материалов с позиций технологической наследственности, обновил и актуализировал тематику исследований, чем внес огромный вклад в становление и развитие технологической школы в республике Беларусь. Это позволило сформировать целые технологические направления в Беларуси и ряде республик СССР, базирующиеся на разработках Физико-технического института.

П.И. Ящерицын широко известен в нашей стране и за ее пределами как крупнейший ученый в области фундаментальных проблем технологии машиностроения. Он одним из первых создал и развил теорию и методы управления технологической наследственностью при изготовлении деталей машин для обеспечения высокой надежности и долговечности изделий. Ныне это направление широко признано в мире и является фундаментальным положением технологии машиностроения и инженерии поверхности. Глубоко вникая в суть физических явлений при исследовании различных методов металлообработки, Петр Иванович сформулировал основные закономерности формирования эксплуатационных свойств шлифованных деталей. С позиции технологической наследственности эти положения раскрыты в его докторской диссертации и монографиях на данную тему [10, 11, 12]. Долгая борьба с непониманием сути явления технологической наследственности, неприятием ее в технологии машиностроения и политизированными шорами на глазах многих «высоких» деятелей в науке и технике закончилась с выходом в 1971 г. первой монографии Петра Ивановича на эту тему [11]. Понятие и термин «технологическая наследственность» прочно вошли в учебники по технологии и инженерии поверхности. Петр Иванович возглавил школу белорусских ученых, развивающих важные

направления по созданию научных основ, изучению физических и физико-химических явлений при резании, установлению закономерности формирования и управления эксплуатационными свойствами функциональных поверхностей при изготовлении деталей и машин. В рамках его школы в настоящее время проводятся комплексные теоретические и экспериментальные исследования новых высокоэффективных процессов финишной обработки труднообрабатываемых и композиционных материалов, создаются новые технологии, инструменты и оборудование для их реализации. В лаборатории ФПЯ создано новое в РБ научное направление по комплексной оценке работоспособности и эксплуатационных характеристик, методологии и созданию оборудования для испытания и сертификации алмазно-абразивных и лезвийных режущих инструментов. На базе полученных знаний создан испытательный центр, аккредитованный в национальной системе РБ.

Под научным руководством П.И. Ящерицына в Физико-техническом институте создан и развит ряд новых методов финишной размерно-чистой и упрочняющей обработки материалов. Широкое применение в машиностроении нашли ротационное резание [13], поверхностно-пластическое деформирование, магнитно-абразивная [14] и алмазно-абразивная обработка, обработка уплотненным и свободным абразивом [15] и др. Разработаны технологические процессы, созданы инструменты и целые гаммы оборудования, реализующие новые методы. Разработаны методы оптимизации технологических режимов, обеспечивающие многократное увеличение производительности процессов обработки, значительное повышение качества и улучшение эксплуатационных свойств обработанных деталей. Высокую оценку специалистов заслуживают работы П.И. Ящерицына, посвященные разработке и исследованию технологических процессов и оборудования для скоростного шлифования металлов.

Важное научное и практическое значение имеют научные труды П.И. Ящерицына в областях механики и динамики процессов лезвийной и абразивной обработки материалов, проблем обрабатываемости резанием и физических закономерностей процессов резания различных материалов, основ проектирования, закономерностей и механизмов изнашивания режущего инструмента. Под его руководством в ФТИ, БПИ и других научных центрах Беларуси выполнены исследования обработки комбинированными инструментами, электрохимической заточки твердосплавного инструмента, шлифования инструментом с ориентированными алмазными зёрнами, полирования изделий

уплотненным потоком свободного абразива, новых видов инструментов для упрочняющей обработки, надежности и производительности автоматических линий. Труды Петра Ивановича вносят большой вклад в научные основы технологии машиностроения, инженерии поверхности и технический прогресс отечественного машиностроения. Они получили широкую известность в нашей стране и за рубежом.

Богатый жизненный и научный опыт Петр Иванович Ящерицын щедро передавал своим многочисленным ученикам, внимательно относился к коллективу своей лаборатории, ее молодым сотрудникам, помогая им в становлении и приобретении научного опыта. Глубокий анализ работ других исследователей, всесторонний анализ экспериментальных данных, тонкое, до «разложения на атомы и объяснения на пальцах», понимание физических явлений в процессах резания сочетаются с обобщающими теоретическими положениями и выводами. Думается, все эти лучшие качества, кропотливая повседневная работа и явились залогом долгой и успешной работы Петра Ивановича в науке, технике и образовании. Его научное наследие, в том числе, разработанные технологии, раскрытое явление технологической наследственности и поныне служит науке и производству и является методологической основой создания и совершенствования технологий в машиностроении, металлообработке и других отраслях.

Список использованной литературы:

1. *Ящерицын П.И.* Качество поверхности и точность деталей при обработке абразивными инструментами / *П.И. Ящерицын.* – Мн. : Госиздат БССР, 1959. – 230 с.
2. *Соколовский А.П.* Расчеты точности обработки на металлорежущих станках / *А.П. Соколовский.* – М.–Л. : Машгиз, 1952. – 288 с.
3. *Маталин А.А.* Качество поверхности и эксплуатационные свойства деталей / *А.А. Маталин.* – М. : Машгиз, 1956. – 252 с.
4. История Древнего Востока. Тексты и документы : учеб. пособие / под ред. *В.И. Кузищина.* – М. : Высшая школа, 2003. – 462 с.
5. Отчет НИР «Исследование физических явлений при финишных методах обработки с учетом технологической наследственности» ; Научн. руков. *П.И. Ящерицын.* – Мн. : ФТИ АН БССР, 1982.

6. Отчет НИР «Тема «Сплав 2.25 «Исследование влияния финишных методов обработки и технологической наследственности на эксплуатационные свойства деталей» ; Научн. руков. *П.И. Яцерицын*. – Мн. : ФТИ АН БССР, 1985.
7. Технологическая наследственность в машиностроительном производстве / *А.М. Дальский, Б.М. Базров, А.С. Васильев* и др. ; под ред. *А.М. Дальского*. – М. : Издательство МАИ, 2000. – 364 с.
8. *Яцерицын, П.И.* Обобщение опыта лучших шлифовальщиков завода / *П.И. Яцерицын*. – М. : Машгиз, 1952. – 51 с.
9. *Яцерицын, П.И.* Скоростное шлифование / *П.И. Яцерицын*. – М. : Машгиз ; Свердловск : Урало-Сиб. отд-ние, 1953. – 112 с.
10. *Яцерицын, П.И.* Исследование механизма образования шлифованных поверхностей и их эксплуатационных свойств : автореф. дисс. ... д-ра техн. наук / *Петр Иванович Яцерицын* / Акад. Наук Белорус. ССР, отд. техн. наук. – Мн., 1962. – 70 с.
11. *Яцерицын, П.И.* Технологическая наследственность и эксплуатационные свойства шлифованных деталей / *П.И. Яцерицын*. – Мн. : Наука и техника, 1971. – 212 с.
12. *Яцерицын, П.И.* Технологическая наследственность в машиностроении / *П.И. Яцерицын, Э.В. Рыжов, В.И. Аверченков*. – Мн. : Наука и техника, 1977. – 255 с.
13. Ротационное резание материалов / *П.И. Яцерицын, А.В. Борисенко, И.Г. Дривотин, В.Я. Лебедев*. – Мн. : Наука и техника, 1987. – 229 с.
14. *Сакулевич Ф.Ю.* Основы магнитно-абразивной обработки / *Ф.Ю. Сакулевич*. – Мн. : Наука и техника, 1981. – 328 с.
15. *Яцерицын, П.И.* Финишная обработка деталей уплотненным потоком свободного абразива / *П.И. Яцерицын, А.Н. Мартынов, А.Д. Гридин*. – Мн. : Наука и техника, 1978. – 224 с.

ЛЕБЕДЕВ Владимир Яковлевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси».

Научные интересы:

– инженерия поверхностей механическими и физико-техническими методами, контактные явления в процессах взаимодействия инструмента и обрабатываемых материалов;

– алмазно-абразивные и лезвийные инструменты из сверхтвердых материалов: технология изготовления, испытания и сертификация.

E-mail: fti_lebedev@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 16.07.2015