

УДК 621.7

## О ФОРМИРОВАНИИ ИНЖЕНЕРНОГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

А.М. Минаев, Л.Н. Тялина

*Кафедра «Материалы и технология», ТГТУ*

*Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым*

**Ключевые слова и фразы:** инженерное мировоззрение; физические эффекты; человеческий фактор.

**Аннотация:** Обсуждаются проблемы формирования инженерного мировоззрения в педагогике технического вуза. Рассматривается связь фундаментальных наук с техническими и экономическими дисциплинами, а также технологические причины возникновения предкризисных и кризисных ситуаций в экономике. Анализируются вопросы, связанные с противоречивой ролью «человеческого фактора» в технологии.

---

Под инженерным мировоззрением понимаются современные научные концепции, на которых базируются технические дисциплины.

Одной из фундаментальных концепций является вероятностная природа мира техники и технологии, которую необходимо учитывать в преподавании технических дисциплин. Это особенно важно, когда речь идет о константах при описании каких-либо процессов и при различных расчетах. Студенты должны хорошо усвоить, что абсолютных истин не существует. Истина всегда конкретна в том смысле, что она определяется условиями, ее порождающими.

У студентов со школы сохранилось мнение о том, что некоторые характеристики свойств материалов являются неизменными, то есть считаются константами. Если для школьной программы абсолютизация констант в какой-то мере оправдана, то в технических дисциплинах такую позицию надо считать порочной, так как она ориентирует студента на метафизическое восприятие мира, ставя его в рамки физического идеализма, и может быть причиной ошибочных выводов и решений.

Проиллюстрируем это на известных примерах. При изучении курса «Инженерная графика» выполняются эскизы и чертежи деталей машин. Уже на этом этапе нередко можно встретить принципиальные ошибки, например, при простановке размеров. На рис. 1 показана часть вала, которая в механизме сопряжена с другой деталью (подшипником). При такой простановке размера ( $\varnothing 50$ ) возникают серьезные противоречия с реальной картиной.

Во-первых, станочнику, изготавливающему деталь – вал, ставится задача (точить в размер  $\varnothing 50$ ), вероятность выполнения которой стремится к нулю. Другими словами, такая «жесткая» простановка размера исключает естественное право станочника на ошибку, поэтому на чертеже необходимо указывать допустимые отклонения от  $\varnothing 50$ .

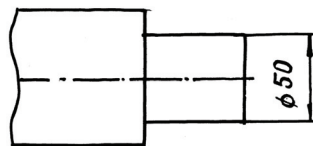


Рис. 1 Вал

Во-вторых, величина этих отклонений (допусков) определяется условиями эксплуатации изделий, где также действуют вероятностные законы, которые могут вступить в противоречие с условиями технологии изготовления деталей.

Второй пример. В учебниках и справочниках указываются свойства конструкционных материалов (твёрдость (НВ), предел прочности ( $\sigma_b$ ) и др.), которые используются в прочностных расчетах деталей машин и конструкций. Так, сталь 20 имеет твёрдость  $\sim 120$  НВ. При изучении методов измерения твёрдости студентам выдаются образцы разных сталей с тем, чтобы построить зависимость твёрдости от содержания углерода в стали. Рекомендуется сделать по несколько измерений на каждом из образцов. Студенты обращают внимание на то, что обнаруживается заметная дисперсия в значениях твёрдости в одном и том же образце. Они относят это к погрешности прибора, хотя погрешность прибора значительно меньше тех отклонений, которые наблюдаются при измерении твёрдости. У студентов возникает трудно разрешимый вопрос: «Как же так, с одной стороны, утверждается, что твёрдость является константой материала, а с другой стороны, на практике оказывается, что это не так?». Все становится на свои места, если за абстракцией (твёрдость, прочность) видеть физическое содержание. Студентам надо объяснить, что все явления, а значит и их характеристики – константы подчиняются статистическим (вероятностным) законам. По этой причине даже в одном образце наблюдается неоднородность химического состава и структуры, которая приводит к неоднородности распределения свойств по объёму образца. Теперь твёрдость материала приобретает более глубокое содержание. С твёрдостью связан не только химический состав (содержание углерода), марка стали и прочностные характеристики ( $\sigma_b$ ,  $\sigma_{0,2}$ ), но ею можно оценить качество выпускаемой продукции и уровень технологии завода-поставщика. Для этого надо при входном контроле построить гистограмму свойств. Обычно распределение свойств подчиняется усечённому нормальному закону распределения (рис. 2).

Из рисунка видно, что металл, поступающий с 1-го завода имеет меньшую дисперсию, чем металл со второго завода. Это говорит о том, что на 2-ом предприятии уровень технологического процесса ниже.

Даже такая привычная константа как температура плавления чистых веществ, например металлов, также относительна. Действительно температура плавления является константой, но лишь для равновесных условий, т.е. когда нагрев ведется бесконечно медленно, давление остается неизменным, при определенной микроструктуре металла. В неравновесных условиях нагрева температура плавления будет другой. Так равновесная температура плавления меди равна  $1083$  °С. Если же медь привести в неравновесное (метастабильное) состояние, а скорость нагрева увеличить до  $10^3$  °С/с, то медь может расплавиться при  $\sim 800$  °С. При этом изменяется механизм и кинетика плавления. При обыч-

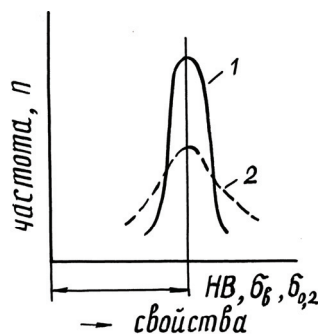


Рис. 2 Схема закона распределения свойств металла разных заводов (1, 2)

ных технологических процессах отклонения от равновесия незначительны, поэтому изменение температуры плавления практически незаметно и этим можно пренебречь, чего нельзя делать в некоторых современных технологиях, например, в радиоэлектронике при вакуумном напылении тонких пленок на подложку, где отклонения от равновесных условий настолько значительны, что физические эффекты, возникающие при этом, используют для получения особых физических и функциональных свойств.

Еще одна «константа» (теперь уже в кавычках) – плотность металла (удельный вес). Например, плотность железа равна  $7,86 \text{ г/см}^3$ . Надо указать какого: имеющего равновесную структуру, т.е. содержащую минимальное количество дефектов (вакансий, дислокаций, границ зерен). Если железо подвергнуть интенсивной холодной пластической деформации, то в микроструктуре произойдут серьезные изменения: появится огромное количество дефектов кристаллического строения и металл разуплотнится (а не наоборот, как многие думают!), плотность его может понизиться до  $7,7 \text{ г/см}^3$ . По тем же соображениям не являются абсолютными константами такие характеристики, как электросопротивление, теплоемкость, теплопроводность, твердость и пр.

В тепловых расчетах используется известная, почти бытовая, термодинамическая функция – температура. Однако, несмотря на привычность этого понятия, редко кто задумывается о физическом содержании температуры. Если студентов попросить дать определение температуры, то большая часть затруднится ответить на этот вопрос. Другие ответят устаревшим определением, что температура есть мера кинетической энергии атомов. Для идеальных газов – это подходящее определение. Но когда студентам говоришь, что есть системы почти полностью потенциальные (спиновый газ), которые имеют температуру далеко не адекватную кинетической части энергии системы, то это вызывает у них определенное замешательство. Еще большее недоумение вызывают системы, имеющие отрицательные температуры по Кельвину, например, лазер в состоянии после «накачки». У студентов сложился порочный стереотип о том, что отрицательные температуры – это температуры ниже, а значит (ложный вывод!) холоднее нуля градусов. Если это справедливо для шкалы Цельсия, то несправедливо для шкалы Кельвина. По шкале Кельвина холоднее абсолютного нуля быть не может. Возникшее противоречие объясняется неправильным толкованием физического содержания температуры. Учитывая принципиальную важность вопроса, рассмотрим эту проблему подробнее на примере твердого (кристаллического) тела.

Согласно физической теории атомы в кристаллическом теле распределяются по энергетическим уровням в соответствии с законом Максвелла-Больцмана:

$$\bar{\eta}_n = e^{-\frac{\varepsilon_n}{K_B T}},$$

где  $\bar{\eta}_n$  – среднее число атомов, расположенных на  $n$ -м энергетическом уровне, т.е. имеющих энергию  $\varepsilon_n$ ;  $\varepsilon_n$  – энергия  $n$ -го уровня;  $K_B$  – постоянная Больцмана;  $T$  – температура.

Возможные варианты «заселенности» энергетических уровней атомами и соответствующие им температуры показаны на рис. 3, где длины горизонтальных отрезков показывают среднее количество атомов, имеющих энергию соответствующего энергетического уровня. Тангенс угла ( $\alpha$ ) наклона прямой  $\ln \eta_n = -\varepsilon_n/K_B T$  (распределение Больцмана в логарифмической форме) к оси абсцисс имеет смысл температуры. Из схемы видно также, что могут быть не только положительные температуры по Кельвину, но и отрицательные и даже  $T = \infty \text{ K}$  и  $T = -0$

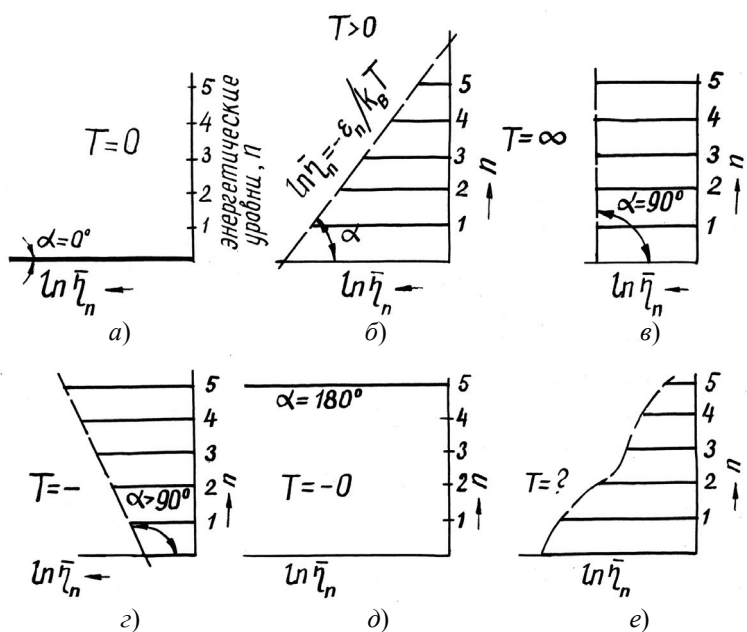


Рис. 3 Варианты распределения атомов по энергетическим уровням и соответствующие им температуры

К, а при фазовых переходах (рис. 3, e) о температуре системы вообще ничего определенного сказать нельзя. Кроме того температура указывает на наличие в системе определенного беспорядка, однако степень этого беспорядка оценивается другой термодинамической функцией – энтропией.

Таким образом, температура – это всего лишь параметр, характеризующий статистическую заселенность атомами энергетических уровней системы, находящейся в равновесии. В неравновесной системе, например, при фазовых переходах, температура не может иметь определенного значения [1].

В настоящее время в технике и технологии особое внимание уделяется проблеме надежности. Это связано с тем, что машины, механизмы и приборы усложняются, в них увеличивается количество функциональных элементов, ужесточаются режимы работы и возрастает стоимость простоя высокопроизводительных агрегатов.

Математическая теория надежности создана Эрлангом и определяется как вероятность (вновь вероятность!) безотказной работы в течение заданного срока при заданных условиях. Однако эффективность созданной Эрлангом теории была невелика, так как она не учитывала особенностей эксплуатации машин и других конструкций. В последующих теориях (Хевиленд Р., Трейер В.Н., Проников А.С.) была разработана физическая теория надежности и совмещенная теория надежности и долговечности. Проблема надежности логически объединяет такие дисциплины, как математика, материаловедение и технология материалов, сопротивление материалов, теория механизмов и детали машин, а с их помощью и специальные дисциплины конструкторского и технологического плана.

Известно, что надежность машины (или другого изделия) оценивается произведением надежности конструкции на надежность материала. Конструкторская надежность решается, главным образом, повышением точности расчетов, а повышение надежности материалов заключается в улучшении комплекса прочностных свойств и получении максимальной стабильности этих свойств.

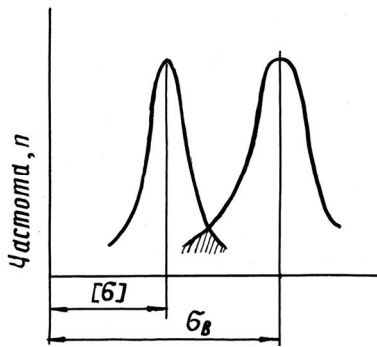


Рис. 4 Распределение допускаемых напряжений  $[\sigma]$  и предела прочности  $(\sigma_B)$  материала

Из рисунка видно, что рабочие напряжения  $[\sigma] = \sigma_p$  и прочность  $(\sigma_B)$  металла имеют определенную дисперсию. Может оказаться, что рабочие напряжения  $\sigma_p = [\sigma]$  достигнут верхнего предела, а прочностные характеристики  $(\sigma_B)$  – нижнего, т.е. произойдет перекрытие кривых распределения (заштрихованная область) и детали конструкций будут разрушаться при эксплуатации почти сразу. Заштрихованная область как раз и показывает количество деталей, которые не выдержат рабочих напряжений и разрушатся. Если действующие напряжения лежат левее заштрихованной области, то детали будут работать длительное время. Возникает вопрос: какова долговечность этих деталей, как длительно они могут работать без отказов (разрушения)? Это зависит от того, как изменяются свойства материала детали от времени эксплуатации (от времени жизни конструкции). В большинстве случаев прочность металла с течением времени снижается (рис. 5).

Из рисунка (пунктирными линиями показана дисперсия) видно, что надежный материал на этапе  $0 - \tau_1$ , когда  $\sigma_p < \sigma_B$ , становится ненадежным на участке  $\tau_1 - \tau_3$ . Следует особо подчеркнуть, что эксплуатационную надежность необходимо увязывать с технологической.

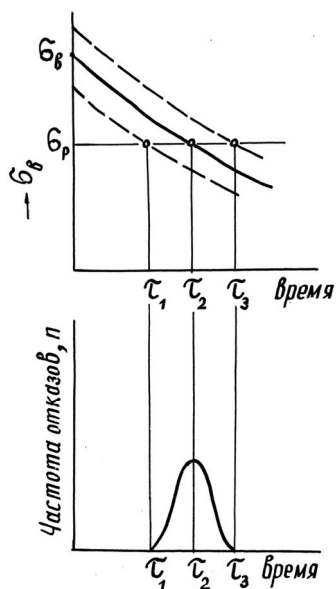


Рис. 5 Длительная прочность  $\sigma_B$  металла (долговечность)

Конструктор, рассчитывая на прочность, стремится к тому, чтобы рабочее напряжение  $\sigma_p$  не превышало допускаемого  $[\sigma]$ . Допускаемое же напряжение выбирается с определенным запасом прочности  $n$  по отношению к предельному (разрушающему)  $\sigma_B$  напряжению, т.е. должны соблюдаться соотношения  $\sigma_B < [\sigma]$  и  $[\sigma] = \frac{\sigma_B}{n}$ . Казалось бы, если эти соотношения

выполнены, то должна обеспечиваться абсолютная надежность детали. На практике же обнаруживается, что часть деталей разрушается в самом начале эксплуатации, а другая часть – работает длительное время. Объяснить такое явление помогает схема, показанная на рис. 4 [2].

Может оказаться, что надежный в эксплуатации прочный металл станет невыгодным (ненадежным) с точки зрения технолога, так как из-за плохой обрабатываемости возрастает процент брака (технологические отказы). Разрешение подобного рода противоречий является одной из важных задач инженерной педагогики и инженерной профессии.

Любые технические решения и технологические процессы основаны на определенных физических (химических) эффектах и являются их практической реализацией. Отмеченные эффекты, с одной стороны, определяют технический прогресс, но, с другой стороны, на определенном этапе они становятся тормозом его развития. Эти фундаментальные противоречия инженер должен видеть и использовать в целях повышения эффективности действующих технологических процессов и при разработке новых. Рассмотрим несколько примеров из разных отраслей техники.

Старейшим технологическим процессом является обработка металлов резанием. Эффектив-

ность его определяется не столько кинематикой (количеством шестеренок, валов) и конструкцией станка, а главным образом физикой резания, т.е. теми явлениями, которые происходят в месте контакта «заготовка – режущий инструмент». В упрощенном виде они заключаются в том, что лезвие режущего инструмента (резца, сверла, фрезы и т.д.) врезается в материал заготовки и срезает определенный слой металла. При этом сначала преодолевается упругая деформация, потом – пластическая, затем, когда напряжения, возникшие в зоне резания достигают предела прочности, образуется трещина, и происходит отделение материала в виде стружки. Производительность здесь определяется скоростью отделения стружки – скоростью резания. При увеличении скорости резания, а это технически сравнительно легко выполнимо, возникают проблемы, препятствующие росту производительности.

Первая проблема заключается в том, что при увеличении скорости резания возрастает сопротивление пластической деформации, и для отделения стружки потребуются большие усилия, а значит и большие затраты мощности.

Вторая проблема связана с повышением контактной температуры на режущем лезвии при увеличении скорости снятия стружки. При достижении определенной температуры твердость инструмента и его режущие свойства резко снижаются, он тупится (второй ограничивающий фактор) и дальнейшее увеличение скорости резания – производительности, становится невозможным. Уже из этой краткой информации о физике резания видно, что кардинальным решением вопроса дальнейшего развития технологии является применение нового инструментального материала, который выдерживал бы на режущей кромке более высокие температуры без снижения режущих свойств.

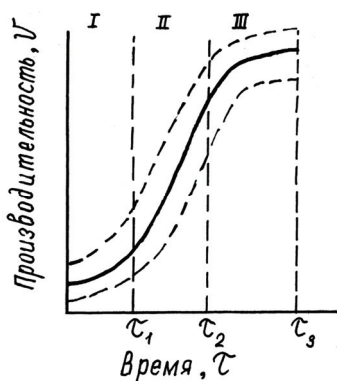
Исторически развитие технологии механической обработки выглядит примерно так. Первым инструментальным материалом можно считать дешевую легированную сталь типа У10, которая могла работать только в легких условиях при нагреве не выше 250 °С, что соответствует скорости резания не более 5 м/мин. Легированная быстрорежущая сталь, например, Р6М5, уже допускает нагрев до 600 °С, скорость резания при этом составляет ~ 50 м/мин. Современные твердые сплавы ВК6, Т15К6 и др. выдерживают на режущей кромке до 850 °С при скорости резания более 300 м/мин. Однако экономика постоянно требует от технологии роста производительности (без снижения качества). Наука разработала и предложила новые сверхтвердые инструментальные материалы эльбор, гексанит и др., которые имеют твердость, близкую к алмазу, и могут работать при нагреве режущего лезвия до 1000...1100 °С, что позволяет увеличить скорость резания до 1000 м/мин и даже более. Но с появлением этих материалов возникли новые проблемы, тормозящие внедрение их в производство. И это закономерно! Для реализации открывшихся возможностей ( $v = 1000$  м/мин) требуется новое станочное оборудование более высокой точности, жесткости и принципиально иной конструкции. По определению это и есть техническая революция, которая стала следствием научной революции в материаловедении.

Во многих отраслях техники широко применяется технология получения неразъемных соединений путем ручной дуговой сварки. Источником тепла здесь является известное физическое явление – электрическая дуга, которая горит между электродом и свариваемым изделием. Металл электрода плавится, расплавленный металл заполняет сварной шов и после его затвердевания образуется неразъемное соединение. Скорость сварки определяется скоростью плавления металла электрода и свариваемых кромок, которая зависит, в свою очередь, от силы сварочного тока. Чем больше сила сварочного тока, тем быстрее идет плавление, тем выше производительность. И в этом случае увеличение производительности сверх опре-

деленного предела связано с непреодолимыми физическими ограничениями. Дело в том, что при увеличении силы тока более 350 ампер весь электрод может нагреться до такой температуры ( $> 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), что его защитное покрытие разрушится, и качественного шва не получится, а при силах тока более 1000 ампер может расплавиться сразу весь электрод. Другими словами, ручная дуговая сварка стала технологией, развитие которой прекратилось, и производительность этого вида сварки можно увеличить лишь за счет улучшения организации производства. На смену ручной дуговой сварки пришла новая технология – автоматическая и полуавтоматическая сварка, которые позволили увеличить производительность примерно в 10 раз.

Еще один пример. Холодная листовая штамповка основана на уникальном физическом свойстве металлов и сплавов: способности пластически деформироваться. Производительность листовой штамповки зависит от запаса пластичности (он у разных металлов неодинаков) и скорости деформации. И здесь, как и в рассмотренных ранее технологических процессах, на некотором этапе развития технологии возникают физические ограничения, которые тормозят рост производительности. При увеличении скорости пластической деформации металл становится менее пластичным, и при достижении критической скорости деформирования он может разрушиться без заметной остаточной деформации. Решением этой проблемы может стать использование более пластичных металлов и применение горячий штамповки, когда металл менее чувствителен к скорости деформации.

Описанные закономерности действуют не только в технологии, но и в других отраслях науки и техники. Хотя в принципе любая человеческая деятельность является технологическим процессом. Примером тому является проектная работа, в которой конструктор также использует методы, основанные на различных законах физики, механики. Конструкторская надежность, как уже говорилось ранее, зависит от степени допущений, используемых в расчетах. С развитием теории совершенствуются расчетные методы, возрастает их точность и как результат – повышается надежность конструкции. Обычно это связано с усложнением математического аппарата и увеличением трудоемкости проектной работы. Для ускорения расчетно-графических работ требуются новые технические средства. В настоящее время в современных проектных организациях вместо логарифмической линейки, чертежной доски и рейсшины уже давно с успехом используются системы АРМ с компьютерным оснащением. Разработанные программы позволяют на порядок ускорить рутинную вычислительную работу и автоматизировать выполнение графики.



**Рис. 6** Закономерность развития технологического процесса

Одной из важнейших концепций инженерного мировоззрения является экономическое содержание технологии. Из приведенных примеров очевидно, что все технологические процессы связаны с экономикой, хотя бы потому, что цель технологии – производство разнообразных товаров. При одинаковом качестве товаров уровень технологии выше на том производстве, где выше производительность. Теория и опыт показывают, что любая технология развивается по одному и тому же закону. Эта закономерность изображена на рис. 6.

Из схемы видно, что на I-ом участке новая технология внедряется с трудом, она еще не достаточно хорошо изучена. Скорость роста производительности ( $\frac{\partial v}{\partial \tau}$ ) невелика. С течением време-

ни происходит адаптация этой технологии к производственным условиям – она более глубоко изучается. В результате производительность растет более активно

$$\frac{\partial v}{\partial \tau_2} > \frac{\partial v}{\partial \tau_1}.$$

На участке III наблюдается замедление в росте производительности, и ко времени  $\tau_3$  ускорение  $\left(\frac{\partial v}{\partial \tau_3}\right)$  стремится к нулю. Это связано с тем, что физиче-

ский процесс, на котором основана технология, достиг своего предела, и в действие вступила его ограничивающая функция. Другими словами, все резервы технологии исчерпаны, и она потеряла способность к дальнейшему развитию. Если рассматривать экономику какой-либо отрасли (и даже всей страны), то можно утверждать, что уровень ее экономического развития определяется уровнем развития совокупности всех технологических процессов.

На рис. 6 эта совокупность с учетом дисперсии показана пунктирными линиями. Из схемы очевидно, что, начиная со времени  $\tau_2$ , наступает предкризисная, а затем и кризисная ситуация. Одной из главных задач в работе инженера-производственника (а в масштабах государства – соответствующих министерств правительства) является задача вовремя определить начало III-го этапа и принять меры для предотвращения замедления. Для предупреждения наступления кризисной ситуации имеется лишь один способ: внедрение новейшей технологии.

Ярким историческим примером решения возникающих экономико-технологических проблем является развитие технологии производства стали. До сравнительно недавнего времени основным методом был мартеновский способ выплавки стали. Плавка стали в 300-тонной мартеновской печи длится около 12 часов (технологическое время!). Эта технология практически изжила себя, так как производительность мартеновской выплавки многие годы не менялась, и в связи с этим мартеновский способ выплавки стал экономически невыгодным. Поэтому на смену ему пришла принципиально иная технология: кислородно-конверторный метод. Плавка в 300-тонном конверторе длится всего 15 – 20 минут. За такое короткое время даже опытному конверторщику – сталевару трудно следить за изменением химического состава выплаваемой стали, так как он контролирует химический состав «на глаз», по цвету пламени, вырывающемуся из горловины конвертора.

Качество конверторной стали напрямую зависело от «человеческого» фактора и заметно уступало мартеновской, поэтому конверторный способ долгое время не мог пробить себе дорогу. И только с появлением электронной техники и приборов, которые автоматически записывают содержание элементов в стали и корректировали состав, наступило время кислородного конвертора.

Вообще о человеческом факторе следует сказать особо, так как он в технологическом процессе играет неоднозначную и противоречивую роль. С одной стороны способность к творческой деятельности позволяет находить наиболее приемлемые решения технических и технологических проблем. С другой стороны, если конкретный технологический процесс зависит от человеческого фактора, то такая технология становится ненадежной, а продукция будет иметь нестабильные свойства. Хорошим примером этому может служить ручная дуговая сварка. Качество сварного соединения определяется режимами сварки: силой сварочного тока, напряжением горения дуги. Значения этих параметров в свою очередь связаны с расчетной длиной дуги. Небольшие отклонения (менее 1 мм) в длине дуги приводят к заметным изменениям режимов сварки и к ухудшению качества сварного



соединения. Из этого следует, что качество шва напрямую зависит от квалификации сварщика, от его самочувствия и настроения. В сравнении с ручной дуговой сваркой автоматическая лишена указанных недостатков. При автоматической сварке не требуется высокой квалификации работающего: режимы сварки и длина дуги поддерживаются автоматически.

Особую роль человеческий фактор играет при внедрении новейших технологий. Так, на одном из заводов по производству поршневых колец было решено внедрить новую порошковую технологию. В традиционном действующем технологическом процессе насчитывалось около 40 технологических операций, а в порошковой технологии – всего 7. При этом ожидалось значительное повышение эксплуатационных свойств поршневых колец, снижение себестоимости, увеличение производительности, уменьшение станочного парка и улучшение культуры производства. Совместно с исследовательским институтом заводом были проведены испытания поршневых колец, изготовленных на участке порошковой металлургии. Результаты производственных испытаний подтвердили ожидаемый эффект. Однако заводу вскоре пришлось отказаться от новой технологии из-за большого брака продукции. Причиной оказалась отрицательная роль так называемого человеческого фактора. Дело в том, что новая порошковая технология требует более жесткой технологической дисциплины, высококвалифицированных рабочих совершенно новых, не свойственных для завода профессий и более высокой культуры. Администрация завода не учла этих особенностей. При внедрении новой технологии необходимы соответствующие инвестиции для подготовки нового производства: приобретения оборудования, материалов, обучения специалистов и пр. Без тщательной подготовки производства новая технология не может дать необходимого эффекта.

В заключение следует отметить, что здесь рассмотрены далеко не все факторы, на основе которых формируется инженерное мировоззрение. Необходимо еще раз подчеркнуть, что во всех инженерных технологиях и технических решениях используются определенные физические законы и эффекты. Поэтому научной базой инженерной подготовки должны быть фундаментальные науки с добротным математическим аппаратом. Не менее важным понятием в инженерной педагогике является вероятностная природа физических законов и созданных на их основе технологий. В связи с этим случайность становится объективной фундаментальной физической характеристикой.

#### *Список литературы*

1. Каррери Дж. Порядок и беспорядок в структуре материи. Пер. с итал. – М.: Мир, 1985.
2. Иванов Г.П. Методика мировоззренческой подготовки студентов в курсе материаловедения. – Владимир, 1985.

---

### **To Formation of Engineering Attitude in Technical University**

**A.M. Minaev, L.N. Tyalina**

*Department "Materials and Technology", TSTU*

**Key words and phrases:** engineering attitude; human factor; physical effects.

**Abstract:** The problems of engineering attitude formation in technical university are discussed in the paper. The link between fundamental sciences and technical and economic subjects as well as technological reason for pre-crisis and crisis situations in economics is considered. Matters connected with contradictory role of "human factor" in technology are analyzed.

---

### **Über die Formierung der Ingenieurweltanschauung in der technischen Hochschule**

**Zusammenfassung:** Im Artikel werden die Probleme der Formierung der Ingenieurweltanschauung in der Pädagogik der technischen Hochschule besprochen. Es wird die Verbindung der Fundamentwissenschaften mit den technischen und ökonomischen Disziplinen, und auch die technologischen Gründe der Entstehung der Vorkrisen- und Krisensituationen in der Wirtschaft betrachtet. Es werden die Fragen, die mit der widersprüchlichen Rolle "des menschlichen Faktors" in der Technologie verbunden sind, analysiert.

---

### **Sur la formation de la conception du monde des ingénieurs dans une école supérieure technique**

**Résumé:** Dans l'article sont discutés les problèmes de la formation de la conception du monde des ingénieurs dans la pédagogie de l'école supérieure technique. On examine la liaison des sciences fondamentales avec les disciplines techniques et économiques, ainsi que les raisons technologiques des situations de crise et d'avant crise dans l'économie; on analyse les questions liées au rôle contradictoire du "facteur humain" dans la technologie.

---