

## Разрушающие и неразрушающие испытания

В.А. Жмудь<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>1</sup> Новосибирский государственный технический университет, Россия

<sup>2</sup> Институт лазерной физики СО РАН, Россия

<sup>3</sup> Сибирский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геофизической службы СО РАН

<sup>4</sup> АО «Новосибирский институт программных систем»

*Аннотация.* Данная статья обсуждает принципы разрушающего и неразрушающего контроля, испытаний, проверки качества оборудования и различных изделий. Предлагаются восемь принципиальных требований к контролю качества или испытаний, которые видятся непреложными. Отказ от любого из этих принципов приводит и приводил уже много раз к излишним убыткам, а иногда и к человеческим жертвам. Приводятся актуальные примеры, показывающие, что несоблюдение хотя бы одного из этих принципов неминуемо даёт лишь отрицательные эффекты. Игнорирование этих принципов, вероятно, можно считать допустимым только при производстве компьютерных игр или при создании подобных малозначительных продуктов, хотя и в этом случае также желательно все-таки указанные принципы соблюдать.

*Ключевые слова:* Испытания, тестирование, контроль, надежность, качество

### ВВЕДЕНИЕ

Если кто-то помнит, была в советские годы такая аббревиатура – ОТК, что означало «отдел технического контроля». Методы производства были чаще всего несовершенны, среди изделий попадались и бракованные. Отдел технического контроля проверял каждое изделие по отдельности, и в случае отклонения характеристик от требуемых данное изделие выбраковывалось. В некоторых случаях происходило иначе. Например, при производстве некоторых микросхем и транзисторов в случае, если их характеристики оказывались наилучшими, они маркировались одним названием, если характеристики были чуть хуже, в некотором заданном диапазоне – другим, а если ниже этого диапазона – то выбраковывались. Например, какой-нибудь транзистор маркировался 2Т825А, например, если его коэффициент усиления был наилучшим, со средними показателями этого параметра он маркировался уже КТ825А, с показателями несколько худшими он маркировался КТ825Б, если и самых минимальных из допустимых значений этот показатель не достигал, он маркировался КТ825В, а при ещё меньшем значении – выбраковывался. Сокращение 2Т означало, что этот транзистор можно использовать в специальной технике, КТ означало транзистор для применений в бытовой технике. Такой подход был оправдан за неимением другого.

Там, где приходится проверять качество, мы имеем ситуацию, в которой производится продукция не только лучшего качества, но и всякая иная, включая брак. В этом случае выходной контроль качества необходим.

Поскольку передача опыта и обучение всегда происходит от старшего поколения к младшему и так далее по цепочке, неудивительно, что

последующие поколения закрепляют какие-то традиции как непреложные<sup>12</sup>.

Можно привести очень много примеров того, что вполне обоснованные поступки превратились в абсолютно необоснованные и странные традиции.

Сам по себе контроль качества продукции или эксплуатируемых изделий не вызывает возражений. Только есть несколько особенностей, которым этот процесс должен отвечать.

Требования к контролю качества:

1. Если имеется возможность такого производства, при котором контроль не требуется, следует предпочесть именно этот путь.

2. Если у изделия имеется срок годности, его следует изымать из обращения ранее истечения этого срока.

3. Контроль качества должен быть неразрушающим.

4. По результатам контроля должны быть приняты адекватные меры.

5. Если контроль разрушает, ущерб от разрушения следует ликвидировать или минимизировать.

6. Если имеется возможность неразрушающего контроля, следует предпочесть именно его.

<sup>12</sup> Известен анекдот от Юрия Никулина. Одна домохозяйка всегда перед жаркой антрекота отрезала у него по три сантиметра сверху и сбоку, и эти обрезки жарила уже как бефстроганов на этой же сковородке второй раз. Муж никак не мог понять, почему она так делает, она отвечала: «Так надо!». Он спросил у тещи, та ответила: «Не лезь в женские дела, так надо, моя мама так делала, я так делала, и она пусть так делает». Тогда муж приехал к бабушке своей жены и спросил, почему в их семье такая традиция, на что бабушка ответила: «Почему они так делают, я не знаю, а у меня просто была маленькая сковородка».

7. Намного лучше осуществить детальный контроль до ввода сооружения в эксплуатацию, нежели ввести в эксплуатацию без должного цикла испытаний, после чего заниматься переделкой сооружения, уже находящегося в эксплуатации.

8. Если испытания могут разрушить целостность сооружения, значит, испытания не правильные, следует придумать другие методы испытаний; если же иначе никак нельзя, следует предпринять все меры предосторожности, чтобы при разрушении в результате испытаний ущерб был бы минимальным.

### ДОПУСТИМЫЙ ПРОЦЕНТ БРАКА

Производство полупроводниковых лазеров, например, состоит из цепочки около тысячи операций. После каждой операции осуществляется процент оставшихся годных изделий.

Давайте подсчитаем. На пластине выращивается примерно 5000 полупроводниковых лазеров. Предположим, что процент брака на каждой операции составляет 1%. То есть после каждой операции годных изделий будет оставаться 99%. Чтобы подсчитать, какое количество лазеров останется после тысячи операций, следует  $0,99$  возвести в тысячную степень. В результате получится следующая доля:  $0,99^{1000} = 0,00004317$ . Это даёт 0,21 штуку изделия. То есть выход годных получается ноль. Если на каждой операции будет потеря 0,5%, тогда в итоге останется следующая доля:  $0,995^{1000} = 0,006654$ . Это даёт 33 единицы изделия (дробную часть отбрасываем). Но всё не так просто, ведь что может означать отбраковка 0,5%, когда, например, изделий осталось только 100? Половина изделия идёт в брак? Так ведь не бывает. Поэтому приведенные расчеты лишь приблизительные. Фактически на большинстве операций выход годных должен быть ровно 100%, потери просто не допускаются, иначе в производстве будет нулевой выход конечных изделий. А теперь давайте подумаем, сколько деталей в самолёте, и сколько операций осуществляется при его производстве? Выходит, что есть производства, где брак недопустим принципиально. Когда мы встречаем гайку без резьбы или шуруп без шлица, мы их отбрасываем и берем другие комплектующие изделия. А как быть, если изделие в целом как бы годное, но его качество недостаточное? Например, вместо положенных десяти тысяч часов эта деталь отработает только тысячу часов, а потом станет неисправным. Ведь это означает, что всё изделие станет неисправным. Поэтому в ответственных устройствах каждую компоненту не только проверяют на работоспособность, но и испытывают на долговечность. Например, полупроводниковые лазеры включают при повышенной температуре и измеряют скорость

деградации, т.е. скорость снижения мощности при том же самом токе. Если скорость деградации выше, чем требуется, изделие выбраковывается, поскольку очевидно, что в нём имеются дефекты, которые приводят к более быстрой деградации, чем следует. Если укоренная деградация происходит при повышенной температуре, это же отличие будет иметь место при рабочей температуре, но только этот эффект будет меньшим, и зафиксировать его сложнее.

Но в массовом производстве необходимо, чтобы брака не было ни на какой операции в принципе. Только это позволяет наиболее эффективно снижать стоимость изделий массового производства, когда любой ремонт изделия не выгоден, так как стоимость ремонта дороже стоимости производства нового изделия. И это очень правильно: при ремонте требуется интеллект и рабочее время высококвалифицированных работников, а производство осуществляется роботами-манипуляторами.

### ПРОИЗВОДСТВО БЕЗ КОНТРОЛЯ

В своё время Форд вырвался в лидеры по автомобильному производству именно вследствие применения конвейерного производства. Легенды утверждают, что Форд отказался от выходного контроля вследствие принятия следующей концепции: «Надо стремиться не к тому, чтобы контроль качества на выходе каждой операции наиболее точно отбирал только качественную продукцию, а чтобы процесс производства был таким, чтобы не было возможности производства некачественной продукции». В пример приводилось производство монеток, они не проходят контроля, сразу пускаются в ход. Производство должно быть таким же надёжным, как штамповка монет: ни одной бракованной детали. Разумеется, это не всегда и не везде возможно, но там, где это возможно, следует стремиться к именно такому производству. Отечественный автопром этого не делает, поэтому его положение неизменно оказывается именно там, где он находится.

В значительной степени это относится к процедуре разработки программного обеспечения. Если программное обеспечение настолько сложное, что всесторонне проверить его невозможно, разработчики иногда поступают следующим образом: запускают в эксплуатацию продукт «как есть». Предполагается, что огромное количество пользователей при использовании продукта фактически осуществят его окончательное испытание. Если выявится какая-то ошибка, о ней сообщат, разработчик сделает соответствующее исправление.

Если это – программа «Калькулятор», встроенная в операционную систему, может быть, ущерб от ошибки, которая возникает в

случае какой-то единственной операции (например, взятии факториала от какого-то уникального большого целого числа приводила к тому, что возникало сочетание, которое программа воспринимала как команду, и поэтому результат вычисления был на несколько порядков меньше, чем должен был бы быть) будет минимальный. Подобную ошибку вследствие того, что она была слишком уж очевидной, выявляли, направляли письмо разработчику, вносились изменения, и ущерба практически не было никакого.

Но если, например, программа вычислений использовалась бы для корректировки курса космического корабля, что тогда? Ведь он мог настолько резко изменить курс, что после этого пропал бы из видимости и вернуть его на требуемый курс было бы уже совершенно невозможно. А если корабль пилотируемый? А если ошибка произошла в управлении самолётом, в котором летит несколько сотен пассажиров? А если при управлении атомным реактором?

Надо признаться, что проверка правильности работы программного обеспечения в том случае, когда она требует выполнения всех возможных операций, исключена, она невозможна. Следовательно, проверять надо не то, как работает новое ПО, а то, как написаны все команды. Например, если даже при генерации какого-то кода возникает сочетание символов, которое может быть принято за команду, это сочетание не должно приниматься за команду просто по той причине, что оно возникает не в том месте, где может находиться команда, и так далее. Методы контроля должны быть такие, чтобы они были реализуемыми. А ещё лучше, если методы производства таковы, чтобы контроль не понадобился (это не значит, что контроль нельзя делать, просто он не должен быть единственным способом обеспечения высокого качества продукции, он должен просто демонстрировать её возможности как пример, а не как способ проверки).

#### ПОЧЕМУ НЕКОТОРЫЕ ИЗДЕЛИЯ СЛЕДУЕТ ДОСРОЧНО ИЗЫМАТЬ ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ?

В Томской области упал самолёт, в полёте отказали об двигателя одновременно (см. <https://www.ex.ru/news/2021/7/19/232071/>). Пилот чудом посадил самолёт в болоте, используя накопленную скорость и планирующие свойства самолёта. Все пассажиры и экипаж живы. Страна радуется и гордится пилотом. Это замечательно. Но примечательно то, что этот самолёт отлетал 30 лет и в будущем году запланирован к списанию (то есть уничтожению, утилизации). Это означает, что самолёт выработал 97% своего планового ресурса. Может быть, его ресурс был определен недостаточно правильно? Ведь отказали сразу

оба двигателя! Во-первых, одновременный отказ обоих двигателей сразу наводит на подозрение о том, что было что-то не так с горючим. Во-вторых, если горючее было стандартным, значит, с учетом того, что двигатели имеют приблизительно одинаковый возраст и наработку, следовательно их ресурс в одно и то же время закончился. Следовательно, всё-таки неправильно был определён ресурс этого самолёта. Напомним, что поскольку неисправность самолёта гарантировано приведёт к гибели большого количества людей, то эксплуатация самолёта (и других машин в подобном случае) осуществляется не до момента его поломки, а до момента, когда его поломка крайне маловероятна. То есть если самолёт может летать 30 лет, то снимать его с эксплуатации следует не через 30 лет после ввода в эксплуатацию, а, наверное, через 25 лет, то есть тогда, когда вероятность его поломки так же мала, как она мала для совершенно нового самолёта, и никак не позже. Эту простую истину может понять любой мало-мальски грамотный человек, следовательно, она должна быть понятна и тем, кто осуществляет эксплуатацию, она должна быть закреплена законодательно. Это домашний ноутбук мы можем эксплуатировать до последнего минуты, пока он не сломается, потому что в момент его поломки мы в худшем случае потеряем несколько последних файлов. Кроме того, имеются способы прочитать файлы с дискового поломанного ноутбука и даже с поломанного дискового. Но нет способов вернуть к жизни погибших при крушении самолёта людей. Следовательно, если каждый самолёт будет летать до тех пор, пока он исправен, то, следовательно, он должен по всем законам логики летать, пока не возникнет неисправность. Следовательно, каждый самолёт будет летать до тех пор, пока не потерпит крушение. Следовательно, у нас будет столько крушений самолётов, сколько имеется самолётов, потому что каждый из них будет погибать в воздухе. Мы же этого не хотим?! По этой причине самолёты списывают в исправном состоянии. Исправную технику следует уничтожать, потому что хотя она и исправная, она уже не настолько надёжная, чтобы на её надёжности основывать безопасность полёта. Это – азбука теории надёжности.

Нельзя мириться с тем, что кое-что кое-когда не работает.

Другой пример – использование теплоэлектростанций (ТЭС). У агрегатов есть плановый срок эксплуатации. После истечения этого срока агрегаты следует заменять. В советское время так и делалось. Расходы по обновлению парка оборудования уменьшают прибыль от производства электроэнергии. Без этого никак. Если учесть все расходы, тогда производство электроэнергии может оказаться

далеко не таким прибыльным, как это принято считать. Поэтому в советские годы энергетика «не окупалась». Перестроечники запустили миф о том, что государство не умеет хозяйствовать, и поэтому оно не должно хозяйствовать, все отрасли следует передать в частные руки. Один из наиболее известных и одиозных закоренелых приватизаторов, изрядно обогатившийся на этом процессе, откровенно писал, что приватизация происходит в три этапа: сначала приватизируется только прибыль от деятельности отрасли, на втором этапе приватизируется прибыль и оборудование, а только на третьем этапе приватизируются также и расходы по реализации деятельности этой отрасли. Далее он добавил: «Причем, до третьего этапа порой дело так и не доходит». Прекрасный для приватизатора механизм! Сначала некто получает только прибыль от деятельности энергетика. Далее он за деньги, накопленные от этой прибыли, по очень льготной цене (в десятки или сотни раз ниже фактической) выкупает оборудование. А до того, чтобы он несли расходы по производству, которые включают очень многое, в том числе и модернизацию, и замену оборудования, выработавшего свой ресурс, и заработную плату всем работникам, и сырьё, и ещё многое другое, так от этого новый руководитель отрасли отрешивается. Что же получается? Расходы оставляются за государством, а доходы передаются частному лицу, которое говорит: «Вот учите у меня, как надо хозяйствовать! У государства эта отрасль была убыточной, а у меня она стала прибыльной!» Так ведь государство не только получало доходы, но и несло расходы, а частное лицо расходы оставило за государством, а доходы присваивает себе (не понятно на каком таком основании). И потом, когда происходит веерное отключение он заявляет: «Государство слишком долго оставляло без внимания такую важную проблему, как модернизация оборудования, замена устаревшего на новое. Требуются огромные капитальные вложения для налаживания этой отрасли». Так ведь если отрасль перешла в частные руки, то все эти задачи – модернизация и обновление – они теперь должны стать заботой этого частного лица, этих «частных рук». Какие претензии к государству могут быть? Давай-ка, раскошеляйся на это всё. И тогда мы сравним, кто лучше хозяйствовал, ты или государство.

А пока в условиях частных владельцев, которые отлично знают, как распорядиться прибылью, но ничего не хотят знать о том, когда пора менять агрегаты, конкретные работники отлично понимают, что некоторые агрегаты уже отработали свой срок и должны быть заменены. Но на новые агрегаты денег нет. Значит, надо заменять только те, которые уже никак не могут работать. Здесь два пути – либо

ждать, пока какой-то агрегат сломается, после чего устранять поломку, либо осуществить какой-то дополнительный контроль для выявления такой ситуации, при которой вероятность поломки в ближайшее время данного агрегата оценивается с высокой достоверностью. Например, бесконтактными методами исследуется вибрация каждого агрегата, и когда она достигает заведомо недопустимых величин, агрегат заменяется. Если идти по первому пути, то надо учитывать, что прекращение подачи энергии на какие-то важные участки потребителя могут нанести весьма значительный ущерб экономике, поэтому данный путь недопустим (но это не означает, что по этому пути никто не идёт).

#### ПОЧЕМУ КОНТРОЛЬ НЕ ДОЛЖЕН РАЗРУШАТЬ?

Почему в двадцатом веке два раза в год на неделю, а то и больше, у всего населения отключают горячую воду? Потому что кто-то когда-то придумал, что надёжно работает только такой водопровод, который раз в год подвергается испытанию повышенным давлением. В результате раз в год все водопроводы испытывают повышенным давлением, которое эти самые водопроводы во многих местах как раз и разрушает. Дальше начинаются ремонтные работы: сначала роется яма, которая пару дней стоит открытой, потом приходит прораб, через дня три-четыре приходит ремонтная бригада. Через неделю они всё чинят, снова подают повышенное давление, и возникает прорыв в новой точке. Если асфальт уложен поверх теплотрассы, этот асфальт будут вскрывать, минимум, раз в два года, потом после ремонта это будет засыпаться землей и гравием как попало, нормальной дороги не будет, и когда через пару лет дорогу все-таки починят, снова наступит пора испытаний теплотрассы повышенным давлением и прорыв произойдет в месте стыка старого участка с новым, недавно отремонтированным. И снова будут вскрывать асфальт.

Например, теплотрасса на улице Золото долинской состоит из двух труб диаметром около полуметра. В очередной раз при испытании такая труба лопнула, горячая вода лилась непрерывным потоком. Она сварила лес на десятках квадратных метров, её потоки размывали дорогу, промыли новое русло для реки Зырянки, см. *Фото 1 – 3*.



Фото 1. Сварившийся лес в месте разрыва теплотрассы



Фото 2. Размытая горячей водой дорога – результат испытания теплотрассы повышенным давлением



Фото 2. Размытая горячей водой дорога – результат испытания теплотрассы повышенным давлением

После таких испытаний теперь необходимо не только ремонтировать теплотрассу, но также и ремонтировать несколько десятков метров дороги. Причем, ремонтная бригада придет ещё не скоро, а пока машины продолжают ездить, рискуя свалиться в кювет, после чего, по-видимому, ремонт уже будет невозможен, да и для пассажиров такой исход небезопасен. Водитель же не может знать, что едет по бетонной плите, которая просто лежит на земле,

никак не закреплена, и около метра её просто висит в воздухе. В данном случае использовался разрушающий контроль<sup>13</sup>. Разрушающий контроль – это очень убыточно, плохо, следует его избегать везде, где это возможно.

Мы уже писали о том, как регулярно после укладки нового асфальта приходят контролирующие службы, вскрывают этот асфальт, оставляя по середине проезжей части дырку размерами  $30 \times 40$  см<sup>2</sup>, до самого материнского грунта [1]. Так проверяется качество укладки асфальта. Проверили. Что дальше? А ничего дальше. Никто не собирается эту дырку заделывать, стоит она годами и содействует быстрейшему разрушению асфальта в этом месте, а также представляет опасность для транспорта [1]. Следует уточнить несколько моментов: во-первых, как выяснилось, дырки делают не только в том месте, которое должно оказаться между колёс, но и, в частности, в том самом месте, где должно проехать одно из колёс, то есть дорога разрушается фатально (замечено четыре таких дырки под правое колесо автомобиля, едущего по своей полосе, на свежотремонтированной улице Пирогова в городе Новосибирске); во-вторых, факт проверки качества асфальта никак не влияет на итоговое качество асфальта. А именно: на той же самой улице Пирогова новый асфальт укладывали совсем недавно, пару лет тому назад, и дырки, разумеется, делали, то есть качество контролировали (или сделали вид, что контролировали). Это не помешало тому, что асфальт был качества преотвратительнейшего, то есть колеи возникли глубиной до 5–10 см уже через год. Это и привело к необходимости новой укладки асфальта, что сделано опять-таки отвратительно: новый асфальт просто уложен тонким слоем поверх старого, без бордюрных ограничений, без организации надлежащего водоотведения. С неба упало несколько капель (дождя как такового не было), а в некоторых местах уже лужи глубиной более 10 см. Ну и укладка нового слоя асфальта поверх плохого, это же неправильный метод ремонта. Если основа плавёт, если она слишком пластична, то

<sup>13</sup> Проверка качества плавких предохранителей связана с их разрушением: на предохранитель подают ток, который постепенно увеличивается от нуля до той величины, при которой он должен расплавиться. Одному представителю заказчика по специальной приемке изделий объяснили, что проверка осуществляется так: проверяется 5% партии, если все соответствуют требованиям, вся партия принимается, если хотя бы одни не плавятся при нужном токе, или плавятся при меньшем токе, то партия выбраковывается. На это представитель ответил: «Это у вас там на гражданке так, а у нас проверять следует все 100% изделий!» Ему было непонятно, что после проверки все изделия, которые были использованы в проверке, превращаются в мусор, если проверять 100%, то на выходе ничего не будет.

новый слой толщиной 5–10 мм не сделает эту дорогу качественной. Это – решение проблемы до следующей смены сезонов. Созданные дыры ускорят разрушение, а отсутствие бордюра будет способствовать сколам по краям дороги. В общем при таком подходе ждать ничего хорошего не приходится.

Здесь явным образом нарушаются два принципа, под номерами 4, 5 и 6, соблюдение которых нам видится очевидным, неизменным, непреложным.

#### ИСПЫТАНИЕ ДО ВВОДА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

В бытность заведующим лаборатории Института лазерной физики СО РАН, я всегда говорил новым сотрудникам примерно следующее: «Каждый разработчик новой аппаратуры не застрахован от того, что она может сломаться или работать не так, как требуется. То есть каждый имеет право столкнуться с фиаско. Но нет никакой обязанности позориться прилюдно. Лучше получить несколько плохих результатов во время самостоятельной проверки изделия, чем один отказ при совместной проверке. Но лучше получить несколько отказов при совместной проверке, чем получить один отказ после ввода в эксплуатацию<sup>14</sup>».

К сожалению, традиции у нас в стране, как мне кажется, сложились иные. Регулярный контроль качества и переделка у многих наших соотечественников считается наилучшим вариантом решения проблемы. Никто не задумывался, что существует альтернатива – делать сразу так, чтобы не надо было контролировать результат, чтобы не надо было переделывать. Если теплотрасса должна быть рассчитана на давление  $P$ , значит, надо сделать её такой, чтобы она выдерживала давление  $1,5P$  или, может быть,  $2P$ , но сделать так, чтобы теплотрасса сохраняла свои свойства несколько десятков лет. Рассчитывать надо на 50 лет, как минимум, а лучше на 200 лет, почему нет?

Дома, которые построены при Н.С. Хрущеве (так называемые «хрущевки»), были рассчитаны на 20 лет, потому что во время их проектирования люди верили, что через 20 лет граждане СССР будут жить при коммунизме, и проблемы жилищной не будет вовсе. Но эти пятиэтажные жилые дома, рассчитанные на 20 лет, стоят и на разрушаются уже на протяжении 60–70 лет, и никому в голову не приходит испытывать их тестовыми сейсмическими ударами. Может быть, если бы имелись такие

технические и экономические возможности, то нашелся бы умник, который бы раз в год выселял всех жильцов дома, закладывал бы в специальную тестовую камеру тротил и осуществлял бы подземный взрыв вблизи этого дома, и называлось бы это «плановыми испытаниями на сейсмостойчивость»? Почему нет?

#### ИСПЫТАНИЕ ПРОВОЦИРУЕТ АВАРИЮ

В защиту восьмого пункта достаточно сказать одно слово: «Чернобыль».

Зачастую многие из нас устраивают личные небольшие чернобыли местного значения. Кто-то, не обладая необходимыми знаниями, пытается починить бытовую технику с помощью консультации, найденной в сети, кто-то это делает в сфере своей профессиональной деятельности. Размытые дороги (Фото 2 и 3) – это тоже локальный чернобыль, устроенный службами водоснабжения. Вряд ли стоимость ремонта дорог оплачивают эти умельцы, а если оплачивают, то не из личного кармана, а из средств организации, что на их персональных доходах никак не сказывается.

Качество асфальта, например, можно проверить акустическими методами, без разрушения. Ну а уж если разрушаете, то ведь заранее известно, где и сколько вырезок асфальта будет сделано. Так надо сразу пригонять туда небольшой каток, сразу в момент выемки пробы (непосредственно в следующую минуту) смазывать края горячим битумом и закладывать туда необходимую порцию горячего асфальта, закатывать его и шлифовать (именно так). Надо вообще такую технику сделать, которая бы высверливала круглое отверстие диаметром не более 5 см, и вбивало туда сразу же соответствующую асфальтовую затычку по всем правилам заделки дыр, разве это невозможно? Почему до сих пор (в Советском районе города Новосибирска в особенности!) делают такие огромные дыры, да ещё и в том месте, где должно ехать колесо, да ещё и годами не заделывают их? Ответ прост: потому что это не только в подобное делается в сфере, а везде. Ну зубы нам, к счастью, не сверлят для того, чтобы убедиться, что пломба поставлена хорошо, животы не вскрывают, чтобы проконтролировать качество работы хирурга после оперативного лечения аппендицита, за это отдельное спасибо врачам. А в остальных сферах что-то не всегда мы видим ответственного выполнения восьмого принципа.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Коль скоро горе-специалисты не знают указанных восьми правил неразрушающего контроля, нам надо критиковать, прежде всего, себя. Недостаточно мы нашим студентам

<sup>14</sup> Чтобы лучше запомнилось, я говорил о том, что каждый человек в некоторых ситуациях выглядит неприглядно, но для того и существуют комнаты уединения, чтобы не выглядеть неприглядно прилюдно, даже маленький позор лучше прятать, а не обнародывать.

объясняем методы контроля, когда учим их. Надо ставить двойки чаще, по-видимому.

Но тут имеется ловушка. Если университет (факультет, кафедра) ставит своим студентам двойки за незнания, как студентам может показаться, слишком строго, то ведь всегда имеются альтернативные университеты (факультеты, кафедры), которые поставят за то же самое тройку или даже четвёрку.

Закон об образовании даровал студентам право менять направление обучения. Вот и перейдут все студенты со строгого факультета на нестрогий, из строгого университета в нестрогий. Имеются университеты, где есть инструкции в случае, если студент контрольную работу списал, ставить ему «самую низкую оценку – удовлетворительно». Авторы таких инструкций не подозревают, что самая низкая оценка – это «неудовлетворительно», и что при оценке «удовлетворительно» по всем предметам студент получит диплом и будет считаться обученным по всем предметам. А если он списывал всегда? В Коста-Рике если студент один раз был замечен за таким нарушением, как списывание, он не сможет больше получить образование никогда. Его имя навсегда попадает в черный список, его не примут ни в один государственный университет. Конечно, если он имеет достаточные средства, он может обучаться платно за границей. Но это уже совсем не то же самое. Понятно, что студенты этой страны, как правило, не списывают нигде и никогда, начиная с первого курса, и до последнего. Наверное, пора что-то подобное внедрять и в России, причем, в масштабе всей страны, ведь внедрение такого бескомпромиссного подхода в пределах одного университета лишь приведёт к тому, что в этом университете снизится количество студентов ниже самой низкой отметки, в итоге университет просто закроют. А остальные университеты, более лояльные к плохой учёбе, получат лишь преимущества от снижения конкуренции за контингент.

Кроме того, ведь указанные ошибки совершают не только специалисты с высшим образованием. Не только ведь они руководят подобными работами (и тем более не только специалисты с высшим образованием делают подобные ошибки лично). Поэтому указанные основы – «контроль качества изделий и сооружений» надо преподавать и в техникумах,

и, возможно, даже в школе. Ведь все ученики – это будущие сотрудники. Обучать ответственности и рациональным методам обеспечения качества полезно всех, тотально.

Предлагаемые принципы контроля и испытаний видятся нам глобально необходимыми. Казалось бы, можно не соблюдать их, например, при разработке компьютерных игр, потому что, казалось бы, какие могут быть проблемы от некачественного написания компьютерной игры? Но имеются примеры, когда недостаточный контроль может привести к выпуску на рынок таких компьютерных игр, которые, например, вредно влияют на психику игрока, или провоцируют эпилептические припадки. Некоторые компьютерные игры способны развивать моторную реакцию, которая выгодна в этих играх, но крайне опасна в реальной жизни, например, если игра состоит в том, чтобы с помощью виртуального автомобиля (танка и т.п.) давить воображаемого врага (зомби, чудовищ, агрессивных фантастических тварей и т.п.), то могут развиваться моторные навыки нажимать на газ и не тормозить когда перед водителем появляется пешеход, поскольку все пешеходы в данной игре – враги.

Таким образом, важность соблюдения этих принципов имеет значение в более широкой сфере, чем это может показаться на первый взгляд.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] В. А. Жмудь, А. В. Ляпидевский, В. С. Аврамчук, О. В. Стукач, Г. Рот. Технология промышленного интернета вещей: возможные барьеры и пути их преодоления. Автоматика и программная инженерия. 2019. № 2 (28). С. 50–61. [http://jurnal.nips.ru/sites/default/files/AaSI-2-2019-6\\_0.pdf](http://jurnal.nips.ru/sites/default/files/AaSI-2-2019-6_0.pdf)



**Вадим Жмудь** - заведующий кафедрой Автоматики НГТУ, профессор, доктор технических наук.

E-mail: [oao\\_nips@bk.ru](mailto:oao_nips@bk.ru)

630073, Новосибирск, просп. К. Маркса, д. 20

Поступила 20.07.2021.

## Destructive and Non-Destructive Testing

V.A. Zhmud<sup>1, 2, 3, 4</sup>

<sup>1</sup> Novosibirsk State Technical University, Russia

<sup>2</sup> Institute of Laser Physics SB RAS, Russia

<sup>3</sup> Siberian Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Geophysical Service of the SB RAS

<sup>4</sup> Novosibirsk Institute of Software Systems

*Abstract.* This article discusses the principles of destructive and non-destructive testing, testing, quality control of equipment and various products. Eight fundamental requirements for quality control or testing are proposed, which seem to be immutable. Rejection of any of these principles leads and has led many times to unnecessary losses, and sometimes to human sacrifice. Actual examples are given showing that non-observance of at least one of these principles will inevitably give only negative effects. Ignoring these principles can probably be considered permissible only in the production of computer games or in the creation of similar insignificant products, although in this case it is also desirable to follow these principles.

*Key words:* Testing, testing, control, reliability, quality.

### REFERENCES

- [1] V. A. Zhmud, A. V. Lyapidevsky, V. S. Avramchuk, O. V. Stukach, G. Roth Technology industrial internet of things: possible barriers and ways to overcome them. *Automatics & Software Engineering*. 2019. N 2 (28). P. 50–61. [http://jurnal.nips.ru/sites/default/files/AaSI-2-2019-6\\_0.pdf](http://jurnal.nips.ru/sites/default/files/AaSI-2-2019-6_0.pdf)



**Vadim Zhmud** – Head of the Department of Automation in NSTU, Professor, Doctor of Technical Sciences.  
E-mail: [oao\\_nips@bk.ru](mailto:oao_nips@bk.ru)

630073, Novosibirsk,  
str. Prosp. K. Marksa, h. 20

The paper has been received on 20/07/2021.