

4

Протасов В.Н.,
профессор РГУ нефти и газа
им. И.М.Губкина

Анализ недостатков национальных стандартов, спецификаций и технических условий, определяющих качество полимерных покрытий наружной и внутренней поверхностей нефтегазопроводов

Полимерные покрытия широко используются для противокоррозионной защиты наружной и внутренней поверхностей нефтегазопроводов.

Требуемое качество покрытия наружной поверхности нефтегазопроводов с дополнительной катодной защитой и без нее определяется рядом достаточно известных в мировой практике национальных стандартов: ГОСТ Р 51164-98 (РФ); DIN 30670, DIN 30671, DIN 30672 и DIN EN 12068 (ФРГ); NFA 49710 (Франция).

Наибольшую разновидность материалов и конструкций покрытий на их основе для противокоррозионной защиты наружной поверхности нефтегазопроводов охватывает российский стандарт ГОСТ Р 51164-98.

В данном стандарте содержатся обязательные для применения, по мнению разработчиков этого стандарта, конструкции полимерных покрытий нормального и усиленного типов (табл.1), показатели их качества, нормы на эти показатели, методы оценки их фактических значений.

Анализ комплекса показателей качества и норм на эти показатели, приведенных в ГОСТе Р 51164-98 для различных покрытий, показывает, что в зависимости от материала и конструкции покрытия может существенно изменяться не только норма, но и требуемый комплекс показателей. Например, в

комплексе требований к покрытиям усиленного типа прочность при разрыве является показателем качества всех покрытий, за исключением эпоксидного, мастичного, комбинированного на основе мастики и полимерной ленты и ленточного полимерно-битумного. В то же время в комплексе требований к покрытиям нормального типа прочность при разрыве является показателем качества только мастичного и ленточного полимерно-битумного покрытия. Подобные исключения по данному показателю качества покрытий необъяснимы. Неясно также, почему прочность при разрыве является показателем качества полиуретанового покрытия и не является показателем качества эпоксидного, хотя материалы этих покрытий относятся к одной и той же группе реактопластов.

Одновременно возникает вопрос, является ли показателем качества наружного покрытия труб данная характеристика материала покрытия и к какому материалу она относится в мно-

гослойной конструкции покрытия из различных материалов.

Это же касается такой характеристики покрытия, как влагопоглощение, являющейся в соответствии с отечественным стандартом показателем качества только полиуретанового покрытия.

В отечественном стандарте на наружное покрытие трубопроводов указывается, что для определения адгезии эпоксидных и полиуретановых покрытий, толщина которых соответственно 0,35мм и 1,5мм, следует использовать методы испытаний по ГОСТу 15140, хотя в самом ГОСТе 15140

отмечается, что рекомендуемые методы можно применять при толщине покрытия не более 0,2 мм.

В отличие от российского стандарта на наружное покрытие труб зарубежные стандарты разработаны в большинстве случаев для каждой отдельной конструкции наружного покры-

тия труб или ограниченного числа конструкций на основе материалов одного класса, например термопластов или реактопластов.

Наиболее широко известными стандартами, используемыми многими странами, являются стандарты ФРГ: DIN 30670 «Нанесение полиэтиленового покрытия на стальные трубы и соединительные части стальных труб», DIN 30671 «Покрытие (наружная оболочка) стальных труб для укладки в грунт терморезистивными пластмассами», DIN 30672 «Покрытия из противокоррозионных защитных бандажей и термоусаживающегося материала для подземных трубопроводов», DIN EN 12068 «Наружное органическое покрытие для защиты от коррозии подземных и подводных трубопроводов во взаимодействии с катодной защитой. Ленты и термоусаживающиеся материалы», французский стандарт NFA 49710 «Стальные трубы. Наружное трехслойное покрытие на полиэтиленовой основе».

Анализ совокупности показателей качества наружного покрытия труб, приведенных в отечественном (табл.2) и перечисленных зарубежных (табл.3) стандартах, показывает, что в различных стандартах, касающихся одной и той же конструкции покрытия из материалов одной и той же природы, совокупности приведенных показателей качества существенно отличаются между собой. Например, наибольшее количество показателей качества трехслойного полиэтиленового покрытия труб содержится во французском стандарте NFA 49710.

В различных стандартах одно и то же свойство трехслойного полиэтиленового покрытия характеризуется различными показателями качества, и не всегда содержащийся в стандарте показатель качества объективно характеризует соответствующее свойство покрытия.

В частности, показателем сопротивления наружного полиэтиленового покрытия труб растрескиванию при деформации защищаемого металла трубы в отечественном стандарте и в стандарте DIN 30670 (ФРГ) является относительное удлинение при разрыве материала покрытия, оцениваемое на свободной пленке, а в стандарте NFA 49710 используются два показателя того же свойства покрытия: относительное удлинение при разрыве материала покрытия и относительное удлинение покрытия без растрескивания при изгибе трубы (при радиусе изгиба, равном двадцатикратному размеру диаметра трубы).

Полиэтилены, на основе которых формируется трехслойное покрытие, относятся к группе термопластов.

Согласно стандарту DIN 30671 характеристиками сопротивления растрескиванию наружного покрытия труб на основе эпоксидов и полиуретанов, относящихся к группе реактопластов, являются различные показатели. Для полиуретанового покрытия используются два показателя: относительное удлинение при разрыве материала покрытия и относительное удлинение

покрытия без растрескивания при изгибе полосы стали с покрытием, а для эпоксидного используется только один показатель - относительное удлинение покрытия без растрескивания при изгибе полосы стали с покрытием.

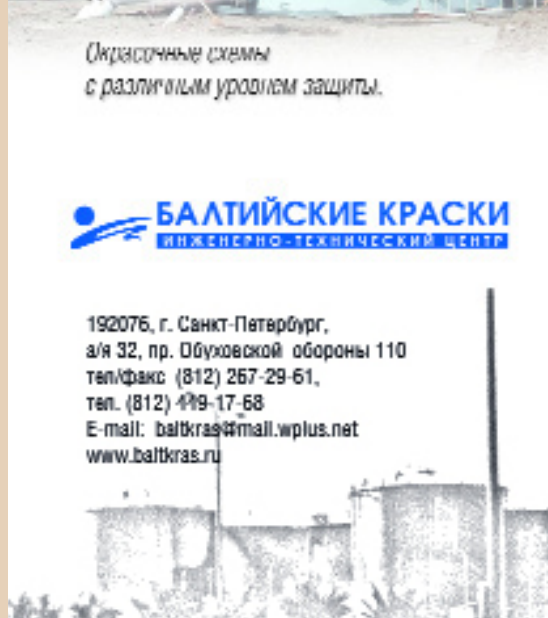
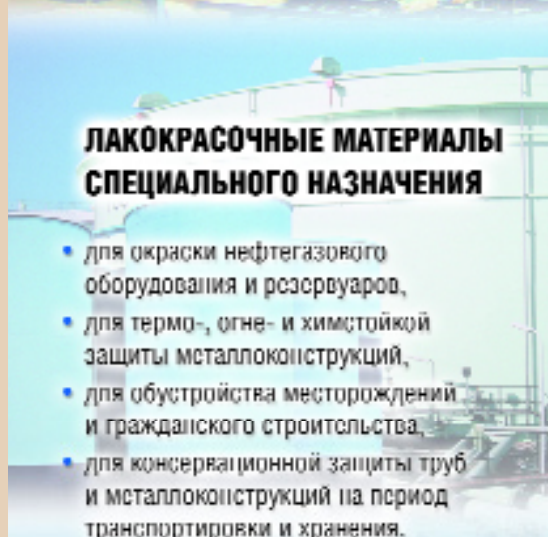
Следует отметить, что относительное удлинение при разрыве, оцениваемое на свободной пленке, является показателем качества материала, а не покрытия. Конечно, этот показатель косвенно определяет сопротивление покрытия растрескиванию при деформировании защищаемого металла трубы. Но показателем качества самого покрытия трубы, определяющим его сопротивление растрескиванию, т.е. способность сохранять диэлектрическую сплошность при деформировании металла, является заданная стрела прогиба полосы металла с покрытием или самой трубы без растрескивания покрытия. Подобная путаница между показателями качества материала и самого покрытия наблюдается в большинстве национальных стандартов на наружное покрытие труб.

В российском стандарте на наружное покрытие труб одним из показателей качества полиэтиленового и полиуретанового покрытий является прочность при разрыве. Для эпоксидного покрытия такой показатель отсутствует. Неясно, чем руководствовались авторы стандарта при выборе этого показателя для указанных покрытий. Или технической возможностью отслоить полосу полиэтиленового и полиуретанового покрытий с поверхности трубы для определения прочности при разрыве, в то время как отслоить эпоксидное покрытие невозможно, или какими-то другими соображениями. В зарубежных стандартах на полиэтиленовое, полиуретановое и эпоксидное наружные покрытия труб подобный показатель качества отсутствует, т.к., исходя из служебного назначения наружного покрытия труб, нет необходимости в подобном показателе его качества.

Подобных примеров несоответствия показателей качества в различных стандартах на один и тот же тип покрытия можно привести достаточно много.

При этом содержащиеся во всех стандартах показатели качества покрытия не позволяют оценить такой объективный комплексный показатель качества наружного покрытия труб, определяемый его служебным назначением, как скорость подпленочной коррозии защищаемого металла в эксплуатационной среде в течение заданного срока службы покрытия.

В российском и зарубежных стандартах на наружное покрытие труб конечно, имеются показатели, косвенно характеризующие противокоррозионное действие покрытия. К ним относятся удельное переходное сопротивление, характеризующее барьерные свойства покрытия, и прочность сцепления с металлом трубы в исходном состоянии и после определенного времени воздействия минерализованной водной среды, радиус или площадь пятна отслаивания покрытия



ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

- для окраски нефтегазового оборудования и резервуаров,
- для термо-, огне- и химстойкой защиты металлоконструкций,
- для обустройства месторождений и гражданского строительства,
- для консервационной защиты труб и металлоконструкций на период транспортировки и хранения.

Оптимальные окрасочные технологии и оборудование.

КОМПОЗИЦИИ

- цинксодержащие
- кремнийорганические
- акриловые
- уретановые

Окрасочные схемы с различным уровнем защиты.

 **БАЛТИЙСКИЕ КРАСКИ**
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР

192076, г. Санкт-Петербург,
з/я 32, пр. Обуховской обороны 110
тел/факс (812) 267-29-61,
тел. (812) 499-17-68
E-mail: baltkras@mail.wplius.net
www.baltkras.ru

вокруг искусственного сквозного дефекта при катодной поляризации, а также водопоглощение, хотя это показатель материала покрытия, и ряд других.

Отсутствие данных о степени влияния каждого из этих показателей на скорость подпленочной коррозии защищаемого металла не позволяет объективно оценить исходное противокоррозионное действие того или иного покрытия, характеризующееся допустимой скоростью коррозии защищаемого металла, и длительность сохранения этого действия.

В российском стандарте ГОСТ Р 51164-98 срок службы покрытия определяется допустимым изменением во времени одного из косвенных показателей его противокоррозионного действия, т.е. удельного переходного сопротивления. Оговаривается, что сопротивление изоляции для всех видов покрытий не должно уменьшаться более чем в 3 раза через 10 лет и более чем в 8 раз через 20 лет. Однако метод прогнозирования кинетики изменения этого показателя в эксплуатационных условиях отсутствует, а следовательно, эти данные имеют декларативный характер. Кроме того, отсутствует зависимость скорости подпленочной коррозии защищаемого металла от этого показателя.

Наряду с несогласованностью и необоснованностью показателей качества, содержащихся в действующих национальных стандартах на наружное противокоррозионное полимерное покрытие труб, численные значения одного и того же показателя в различных стандартах для конкретного типа покрытия, а также для покрытий одного и того же назначения существенно отличаются, что свидетельствует о необоснованности рекомендуемого нормативного значения данного показателя. Это, в частности, касается относительного удлинения при разрыве полиэтиленового покрытия, нормативные значения которого существенно отличаются в стандартах DIN 30670 и NFA 49710 и ряде других.

Проведенный анализ содержания российского стандарта на наружное противокоррозионное полимерное покрытие труб, используемых для строительства нефтегазопроводов, позволил выявить его следующие существенные недостатки:

1. Недопустимо указывать в требованиях стандарта конкретные материалы и конструкции наружного покрытия труб (табл.1.). Можно лишь рекомендовать те или иные материалы и конструкции. Требования должны распространяться только на необходимый комплекс показателей качества покрытия, нормы на эти показатели и методы оценки фактических значений показателей качества. Это и определит выбор наиболее эффективных материалов и конструкций покрытий на их основе.

2. Показатели качества покрытия и нормы на эти показатели, содержащиеся в стандарте, не определяют требуемое качество покрытия труб, обусловливаемое допустимой скоростью коррозии металла труб в течение заданного срока службы в конкретных условиях эксплуатации. Причиной этого является отсутствие функциональной зависимости скорости подпленочной коррозии стали с покрытием от соответствующих характеристик покрытия, определяющих его проивокоррозионное действие, с учетом кинетики изменения этих характеристик в эксплуатационных условиях.

3. Во многих случаях показатели качества покрытия подменяются показателями качества материалов, используемых для его формирования, что не одно и то же. Как видно из данных табл. 2, такие показатели качества покрытия, как прочность при разрыве и относительное удлинение при разрыве, определяемые на свободной полимерной пленке, являются показателями качества используемых материалов, а не покрытия. Слой покрытия, связанный с металлом, иначе деформируется и разрушается по сравнению со свободной пленкой из того же материала. Неясно, почему в российском стандарте норма на относительное удлинение при разрыве установлена для эпоксидного покрытия не менее 5%, а для полиэтиленового не менее 200 или 300%. Необходимая величина относительного удлинения при разрыве материала покрытия должна определяться максимальной величиной деформации металла труб с покрытием при строительстве и эксплуатации трубопровода, исходя из условия, что при этом покрытие не должно растрескиваться, т.е. обязано сохранять

диэлектрическую сплошность. Следовательно, норма на относительное удлинение при разрыве материала покрытия труб должна быть одинаковой для любых материалов, используемых для противокоррозионного покрытия труб.

4. В ряде случаев показатели качества покрытия подменяются воздействующими на него факторами. Это, в частности, касается сопротивления удару и стойкости к воздействию УФ радиации. Покрытие должно сопротивляться не удару или ультрафиолетовому облучению, а растрескиванию, т.е. сохранять диэлектрическую сплошность при ударе, после воздействия УФ радиации и других факторов.

Аналогичные недостатки присущи и зарубежным стандартам на наружные покрытия труб (табл. 3). Кроме того, неправильно разрабатывать отдельные стандарты на покрытия труб из эпоксидных (DIN 30671) и полиэтиленовых (DIN 30670) материалов, т.к. противокоррозионное действие покрытий из указанных материалов обуславливается одними и теми же характеристиками, определяющими их барьерный и адгезионный механизмы защитного действия металла. Исключение могут составлять только материалы покрытий, содержащиеся в своем составе пигменты протекторного действия и ингибиторы коррозии. Однако в используемых для противокоррозионной защиты труб эпоксидных и полиэтиленовых покрытиях они отсутствуют. Требования к подобным покрытиям должны быть общие и определяться их назначением, а также условиями строительства и эксплуатации трубопровода с покрытием. Эти требования сами определяют пригодность тех или иных материалов и конструкций покрытий труб на их основе для противокоррозионной защиты наружной поверхности нефтегазопроводов.

Несмотря на многообразие материалов и конструкций полимерных покрытий, используемых для противокоррозионной защиты внутренней поверхности нефтегазопроводов, и накопленный достаточно большой опыт применения нефтегазопроводов с внутренним полимерным покрытием соответствующие стандарты, определяющие качество этих покрытий, в мировой практике практически отсутствуют.

Рядом российских и зарубежных фирм разработаны спецификации и технические условия, определяющие требуемое качество противокоррозионных покрытий внутренней поверхности труб, используемых для строительства нефтегазопроводов. Этим нормативно-техническим документам присущи те же существенные недостатки, что и национальным стандартам на наружное покрытие труб.

В отличие от покрытия наружной поверхности нефтегазопроводов, которое должно защищать металл от коррозии и в ряде случаев осуществлять теплоизоляцию трубопровода при транспорте вязких нефтей при низких температурах, полимерное покрытие внутренней поверхности нефтегазопровода должно обеспечивать не только защиту от коррозии, но и предотвращать образование на поверхности труб значительных отложений парафинов и солей, снижать их гидравлическое сопротивление за счет уменьшения шероховатости поверхности.

Необходимо отметить, что в имеющейся нормативно-технической документации, определяющей требуемое качество внутреннего полимерного покрытия нефтегазопроводов, отсутствуют показатели качества, определяющие его способность одновременно выполнять все вышеуказанные функции, т.е. наряду с защитой металла от коррозии обеспечивать гидравлически гладкое течение транспортируемой жидкости, предотвращать образования значительных отложений парафинов и солей на внутренней поверхности труб, защищать внутреннюю поверхность труб от коррозионно-механического изнашивания, вызываемого потоком жидкости или газа, содержащего твердые механические примеси.

Специфические требования к качеству внутреннего и наружного полимерного покрытия нефтегазопроводов обуславливают необходимость создания методологических основ выбора конструкций покрытия труб с требуемым комплексом свойств и заданным сроком службы для конкретных условий эксплуатации трубопровода и разработки на этой основе соответствующих стандартов.

**Конструкции защитных покрытий строящихся
и реконструируемых трубопроводов
по ГОСТ Р 51164-98**

№ конструкции	Условия нанесения покрытия	Конструкция (структура) защитного покрытия	Толщина защитного покрытия, мм, не менее, для труб диаметром, мм, не более				Максимальная температура эксплуатации, К(0С)
			273	530	820	1420	
Защитные покрытия усиленного типа							
1.	Заводское или базовое	Трехслойное полимерное: грунтовка на основе термоактивных смол; термопластичный полимерный подслои; защитный слой на основе экструдированного полиолефина	2,0	2,2	2,5	3,0	333(60)
2.	Заводское или базовое	Двухслойное полимерное: термопластичный полимерный подслои; защитный слой на основе экструдированного полиолефина	2,0	2,2	2,5	3,0	333 (60)
3.	Заводское, базовое или трассовое	На основе полиуретановых смол	1,5	2,0	2,0	2,0	353 (80)
4.	Заводское или базовое	На основе эпоксидных красок	0,35	0,35	0,35	-	353 (80)
5.	Заводское или базовое	Стеклоэпидное: однослойное	0,3	0,3	-	-	423 (150)
		двухслойное	0,4	0,4	-	-	423 (150)
6.	Заводское или базовое	Комбинированное на основе мастики и экструдированного полиолефина: грунтовка битумная или битумно-полимерная; мастика битумная модифицированная или асфальтосмолистая толщиной 0,8-1,0 мм; защитный слой на основе экструдированного полиолефина	2,5	3,0	-	-	313 (40)
7.	Заводское, базовое или трассовое	Комбинированное на основе полимерной ленты и экструдированного полиолефина: грунтовка полимерная; лента изоляционная липкая толщиной не менее 0,45 мм в один слой; защитный слой на основе экструдированного полиолефина	2,2	2,5	2,8	3,5	313(40)
8.	Заводское или базовое	На основе термоусаживающихся материалов	1,2	1,8	2,0	2,4	373 (100)
9.	Базовое	Ленточное полимерное: грунтовка полимерная; лента изоляционная липкая толщиной не менее 0,45 мм в один слой; обертка защитная полимерная липкая толщиной не менее 0,6 мм	1,2	1,8	2,4	-	313 (40)
16.	Трассовое	Ленточное полимерное: грунтовка полимерная; лента изоляционная полимерная липкая толщиной не менее 0,6 мм в 2 слоя; обертка защитная полимерная липкая толщиной не менее 0,6 мм	1,8	1,8	1,8	1,8	313 (40)
20.	Трассовое	Ленточное: грунтовка полимерная или битумно-полимерная; лента изоляционная полимерная липкая в один или два слоя общей толщины не менее 0,7 мм; обертка защитная полимерная толщиной не менее 0,5 мм	1,2 (кроме диаметра 820 мм)			-	303 (30)

Показатели качества наружного покрытия труб, содержащиеся в отечественной нормативно-технической документации

№	Наименование показателя	Полиэтиленовое 2-х и 3-х слойн. покр. ГОСТ Р 51164-98	Эпоксидное покрытие ГОСТ Р 51164-98	Метод
1.	Толщина, мм, не менее	2.0-3.0	0.35	
2.	Прочность при разрыве, МПа, не менее	12		ГОСТ11262
3.	Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	200	5	ГОСТ11262 ГОСТ18299
4.	Изменение относительного удлинения при разрыве после выдержки при 100°C в течение 1000ч, %, не более	25		ГОСТ11262
5.	Стойкость к растрескиванию при темп. 50°C, ч, не менее	1000		ГОСТ13518
6.	Прочность при ударе, Дж, не менее	5	4	Приложение А
7.	Адгезия к стали, Н/см, не менее Балл, не более	35	1	ГОСТ411 (метод А) ГОСТ15140
8.	Адгезия к стали после выдержки в воде в течение 1000ч., при темп. 20°C, Н/см, не менее Балл, не более	30	1	ГОСТ411 (метод А) ГОСТ15140
9.	Грибостойкость, балл, не менее	2	2	ГОСТ9.048-9.052
10.	Площадь отслаивания покрытия при поляризации, см ² , не более при 20°C	5	5	Приложение В
11.	Переходное сопротивление покрытия в 3% NaCl при температуре 20°C, Ом·м ² , не менее - исходное - через 100 сут выдержки	10 ¹⁰ 10 ⁹	10 ⁸ 10 ⁷	Приложение Г
12.	Диэлектрическая сплошность. Отсутствие пробоя при электрическом напряжении, кВ/мм	5		Искровой дефектоскоп
13.	Сопротивление пенетрации (вдавливанию), мм, не более до 20°C и менее свыше 20°C	0,2 0,3	0,2 0,3	Приложение Е
14.	Стойкость к воздействию УФ радиации в потоке 600 кВт·ч/м при 50°C, ч, не менее	500		ГОСТ16337

Показатели качества наружного покрытия труб, содержащиеся в зарубежной нормативно-технической документации

№	Требования к покрытию	Показатель	Полиэтиленовое покрытие DIN30670	Эпоксидное покрытие DIN30671	Полиэтиленовое 3-х слойное покрытие NFA49710
1.	Минимальная толщина слоя	Минимальная толщина, мм, -мкм	1,8-3,0	350	1,2-3,5
2.	Отсутствие пор	Отсутствие пробоя при напряжении -кВ -кВ/мкм -мм	25	0,01	Искры $\geq 4 \cdot \delta$
3.	Сопротивление удару	Отсутствие пробоя при напряжении по п.2 после работы удара, не менее -Дж/мм -Нт -Дж	5*φ, (φ=0,7-1)	5*φ, (φ=0,7-1)	10-15
4.	Адгезия	Усиление отрыва, Н/см -при температуре (20±5)°C -при температуре 15-25°C Отслоение при V-образном надрезе	35	отсутствует	50
5.	Сопротивление вдавливанию	Глубина внедрения индектора, мм, не более	0,3	0,05 диск	0,3
6.	Удлинение при разрыве	Удлинение при разрыве, %, не менее	200	10	300
7.	Удельное сопротивление	Удельное сопротивление, Ом*м², не менее	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁸
8.	Тепловое старение	Поры Индекс расплава, %, не более	35	Отсутствие	50-25
9.	Световое старение	Изменение индекса расплава после облучения экспозиционной дозой 7 ГДж/м², %, не более Изменение удлинения при разрыве после облучения, мм Изменение индекса расплава после облучения, %, не более	35		1,5ε0 ±25
10.	Холодоустойчивость	Удлинение при изгибе при температуре – (30±5)°C, %, не менее Отсутствие пробоя после испытаний на удар при температуре – (30±6) °C, при работе удара Нт, не менее		2,5 5*φ, (φ=0,7-1)	
11.	Катодная коррозия	Радиус отслаивания после 7-дневных испытаний при температуре (40±2)°C Глубина коррозии при тем-ре (40±2)°C 30 суток, мм, не более Глубина коррозии при тем-ре (65±2)°C 2 суток, мм, не более		5 10	10
12.	Гибкость	Удлинение при изгибе, %, не менее Отсутствие видимых повреждений при радиусе изгиба, мм		5	20*D трубы
13.	Трещиностойкость в поверхностно-активной среде	После 100 часов в активном растворе при темп. 50°C отсутствие пробоя при напряжении, Дж			10-15
14.	Сопротивление микроорганизмам	Длина дефекта, мм, не более			20