

## АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ СМЕСИ И АСФАЛЬТОБЕТОН

УДК 691.168(083.72)

### НОВЫЕ ПОДХОДЫ К СТАНДАРТИЗАЦИИ ДОРОЖНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

**Н.В. Быстров, доц., к.т.н.**

***Аннотация.** Рассмотрены изменения в требованиях к дорожному асфальтобетону за последние 80 лет. Проанализированы нормативные документы, распространяющиеся на асфальтобетон, введенные в действие в последние десятилетия. Намечены пути развития нормативной базы в данной области.*

***Ключевые слова:** нормативная база, асфальтобетон, прочность при сжатии, динамическое воздействие, методы испытаний, условия эксплуатации.*

### НОВІ ПІДХОДИ ДО СТАНДАРТИЗАЦІЇ ДОРОЖНІХ АСФАЛЬТОБЕТОНІВ

**М.В. Бистров, доц., к.т.н.**

***Анотація.** Розглянуто зміни вимог до дорожнього асфальтобетону за останні 80 років. Проаналізовано нормативні документи, що розповсюджуються на асфальтобетон, які введені в дію в останні десятиріччя. Намічено шляхи розвитку нормативної бази в даній області.*

***Ключові слова:** нормативна база, асфальтобетон, міцність при стиску, динамічна дія, методи випробувань, умови експлуатації.*

### NEW STAGE IN THE DEVELOPMENT OF THE REGULATORY FRAMEWORK FOR ROAD ASPHALT CONCRETE

**N. Bystrov, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.)**

***Abstract.** Changes in the requirements to road asphalt concrete for the last 80 years are considered in the given article. The normative documents in the field of road asphalt concrete introduced during the last decades are considered. The ways of development of the regulatory framework in this area are evaluated.*

***Key words:** regulatory framework, road asphalt concrete, compressive strength, dynamic impact, test methods, operating conditions.*

#### **Введение**

Развитие нормативной базы применения дорожного асфальтобетона является одной из важнейших задач, стоящих в области нормативно-технического обеспечения дорожной отрасли. Этот очевидный тезис связан с ролью асфальтобетонных покрытий в дорожной конструкции, их влиянием на срок службы и межремонтные сроки автомобильных дорог.

Несмотря на усилия, направленные на поиски путей замены асфальтобетона в верхних слоях дорожной одежды, включая устройство цементобетонных покрытий, преобладающим типом покрытий в мировой практике строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог остаются покрытия на основе органических вяжущих. Это в значительной степени способствует усилению актуальности разработки нормативной базы на

дорожный асфальтобетон, отвечающей требованиям сегодняшнего дня.

### Анализ публикаций

С 1959 г. требования к асфальтобетону регламентируются ГОСТ 9128-59 [1], который был впервые введен в действие в 1960 г., а последующие его версии были утверждены в 1967, 1976, 1984, 1997, 2009 и 2013 гг. Анализ изменения уровня требований, устанавливаемый этими вариантами стандарта, имеет большое значение для обоснованных решений по изменению уровня требований или введению новых параметров.

Принципиальные требования к асфальтобетону, сохранившиеся до настоящего времени, были введены в действие в 1931 г. [2] в рамках документа, регламентирующего все этапы жизненного цикла автогужевых дорог – от проектирования до содержания. Следующая версия этого нормативного документа была утверждена в 1934 г. В послевоенные

годы впервые были утверждены технические правила, касающиеся именно асфальтобетонных работ [3].

В 1994 г. Н.В. Горельшевым был опубликован анализ изменений требований к основным свойствам асфальтобетона за период с 1955 г. по 1984 г. [4]. В 1955 г. Минавтодором РСФСР были утверждены технические требования к асфальтобетону для дорожных покрытий. Результаты сравнения требований в этот период приведены в табл. 1.

Обращает на себя внимание практическая неизменность для требований к асфальтобетону I марки, применяемому на дорогах высоких технических категорий. В табл. 2 приведены данные, позволяющие сравнить уровень требований к тем же параметрам с 1984 г. по 2013 г. При этом, как и в табл. 1, для сравнения брались показатели асфальтобетона типа Б в условиях II климатической зоны.

Таблица 1 Сравнение требований к асфальтобетону в нормативных документах

Показатели	1955 г.			1984 г.		
	Марка асфальтобетона					
	I	II	III	I	II	III
	Требования					
Прочность при сжатии, кг/см <sup>2</sup> , при 50 °С, не менее	10	8	6	11	10	9
При 20 °С, не менее	25	23	20	25	22	20
При 0 °С, не более	120	120	130	110	120	120
Водостойкость	0,90	0,85	0,80	0,90	0,85	0,80

Таблица 2 Сравнение требований к асфальтобетону в нормативных документах

Показатели	1984 г.			2013 г.		
	Марка асфальтобетона					
	I	II	III	I	II	III
	Требования					
Прочность при сжатии, кг/см <sup>2</sup> , при 50 °С, не менее	11	10	9	12	10	9
При 20 °С, не менее	25	22	20	25	22	20
При 0 °С, не более	110	120	120	110	120	120
Водостойкость	0,90	0,85	0,80	0,90	0,85	0,80
Водостойкость при длительном водонасыщении	0,85	0,75	0,65	0,85	0,75	0,65

Результат очевиден и носит обескураживающий характер, так как за последние 30 лет планка технических требований не изменилась. Не изменились, в частности, и требования к длительной водостойкости, введенные после 1955 г.

Если проанализировать данные, приведенные в таблицах 1 и 2, то станет очевидным,

что за 60 лет уровень требований к дорожному асфальтобетону практически не изменился. Это вызывает естественный вопрос: почему, начиная с документа 1931 г. [2], до точки отсчета, взятой за начальную Н.В. Горельшевым, они не изменились.

В работе В.А. Золотарева [5] подчеркнута, что в упомянутом выше документе 1934 г.

требование к прочности на сжатие при 17–20 °С было не менее 50 кг/см<sup>2</sup>. В 1938 г. требования к прочности при 22 °С были снижены до 30 кг/см<sup>2</sup> и введено требование к прочности при 50 °С не менее 8 кг/см<sup>2</sup>. В 1949 г. были установлены следующие требования к асфальтобетону I марки [3]: прочность при сжатии при 50 °С – не менее 12 кг/см<sup>2</sup>; прочность при сжатии при 22 °С – не менее 25 кг/см<sup>2</sup>. Таким образом, можно заключить, что оценка качества дорожного асфальтобетона по основным его свойствам оставалась одинаковой на протяжении почти 80 лет.

Однако принципиально изменились три слагаемых эксплуатационного воздействия на дорожные покрытия: интенсивность движения, осевые нагрузки и скорость движения. Без преувеличения можно сказать, что динамическое воздействие на покрытие возросло более чем на порядок. Стагнация требований к свойствам асфальтобетона, безусловно, была причиной многих проблем качества покрытий и снижения их межремонтных сроков службы в последние десятилетия, отмеченные бурным развитием автомобилизации. Введение в последующие версии ГОСТ 9128-59 дополнительных требований по сдвигоустойчивости и трещиностойкости ничего, по сути, не изменило, так как испытания предполагают одноразовое нагружение до разрушения образцов на сжатие, что не отвечает реальным механическим воздействиям на асфальтобетон в период эксплуатации. Количественная оценка возрастания динамического воздействия на дорожные покрытия за последние 60 лет может дать дополнительные аргументы в пользу новых подходов к нормированию свойств асфальтобетона.

Причины столь длительного «замораживания» требований к дорожному асфальтобетону, содержащихся в ГОСТ 9128-59, превративших его фактически в музейный экспонат, носят сугубо административный характер. В Советском Союзе право издания, разработки и утверждения стандартов было закреплено за двумя ведомствами – Госстандартом СССР и Госстроем СССР. Большинство стандартов в области строительства, как и ГОСТ 9128-59, были закреплены за Госстроем СССР. Точка зрения дорожников при обсуждении этого документа редко принималась во внимание.

После 1991 г. ситуация не изменилась. Практиковалась не только разработка документов без участия органов дорожного хозяйства, но и ее усиление, как это было с ГОСТ 9128-2013 [6]. Тяжелейшие последствия такого нормотворчества, лежащие на плечи дорожной отрасли, являются убедительным примером недопустимости предоставления полномочий в сфере стандартизации структурам, не обладающим компетентностью и не несущим ответственность за последствия применения утвержденных ими документов. По этим причинам сама идеология ГОСТ 9128-59 исчерпала себя много лет назад.

### Цель и постановка задачи

Рассуждения о том, что однократное нагружение до разрушения не соответствует реальной схеме механических воздействий на дорожный асфальтобетон в покрытии, давно стали расхожими. Однако суть вопроса – не в этом очевидном факте, а в том, чем заменить привычное со студенческой скамьи испытание по определению предела прочности асфальтобетона на сжатие. Конкретных предложений может быть много, и важно определить вектор поиска решения.

Поиски новых методов испытаний в обозначенном выше направлении не прекращаются десятки лет. Перечислить даже основные исследования в этом направлении практически невозможно, поэтому следует остановиться только на нормативных документах, принятых в различных странах мира, где тенденция определения механических свойств асфальтобетона при многократном нагружении нашла практическое воплощение.

Целью настоящей работы является выбор современных методов и средств объективной, с учетом особенностей работы асфальтобетонов в покрытии в различных климатических условиях, оценки различных свойств асфальтобетона при многократном нагружении.

### Новые подходы к нормированию показателей качества асфальтобетона

В этом отношении первостепенный интерес представляют европейские нормы на асфальтобетон. Всего перечень европейских норм на асфальтобетон включает 53 наименования. Из них 10 документов содержат требо-

вания к различным видам асфальтобетона, а остальные определяют методы испытаний и связанные с ними процедуры.

К нормативам, где определены методы испытаний, предусматривающие многократное нагружение материала, относятся: EN 12697-22 [7], EN 12697-24 [8], EN 12697-25 [9], EN 12697-26 [10]. В этих документах нормируются соответственно следующие методы испытаний: испытание на колееобразование прокатыванием нагруженного колеса (4 типа устройств); усталостная прочность (5 схем испытаний); испытание на циклическое сжатие (2 метода испытаний); жесткость (3 схемы испытаний, включающие 6 методов). Таким образом, европейские нормы содержат 17 методов испытаний, основанных на многократном приложении механических нагрузок к образцам асфальтобетона.

Аналогичная тенденция прослеживается и в стандартах SHRP, разработанных в США в рамках программы «Supergravel». Многократное нагружение образцов асфальтобетона при определении их механических свойств предусмотрено в стандартах AASHTO T 79 [11], AASHTO T 320 [12], AASHTO T 321 [13], AASHTO T 322 [14] и AASHTO T 342 [15]. Эти стандарты регламентируют методы определения: динамического модуля упругости и числа текучести с использованием установки для испытания эксплуатационных характеристик (АМРТ); деформации сдвига; усталостной прочности при многократном изгибе; прочности на растяжение и жесткости; динамического модуля упругости.

Затянувшаяся ориентация на метод однократного нагружения образцов до разрушения и пренебрежение движением в сторону моделирования реальных условий эксплуатации имеет множественные негативные последствия. Одним из них является отсутствие ясного подхода к определению расчетных характеристик асфальтобетона, необходимых для проектирования дорожных одежд. И это несмотря на то, что с середины 90-х годов прошлого века в дорожной службе созрело понимание невозможности дальнейшей стагнации в нормативной базе в сфере асфальтобетонных покрытий.

Первый шаг был сделан в направлении повышения качества вяжущих в составе асфальтобетонных смесей. В приказе дорож-

ной службы № 9 от 31 января 1995 г. было предписано обязательное применение полимерно-битумных вяжущих в верхних слоях асфальтобетонных покрытий на дорогах I и II технических категорий.

Это был поистине революционный шаг в технической политике, который обусловил всплеск как научных исследований, так и технологий приготовления асфальтобетонных смесей. Достаточно отметить, что в то время было создано около 30 установок по производству ПБВ. Естественно, что бурный рост объемов применения ПБВ потребовал соответствующего нормативного обеспечения. Усилиями Л.М. Гохмана был подготовлен отраслевой стандарт на полимерно-битумные вяжущие [16]. Этот документ широко обсуждался, были получены десятки замечаний и предложений, что позволило доработать документ с учетом накопленного опыта. Практика применения ПБВ и анализ полученных результатов открыли дополнительные возможности для разработки национального стандарта на этот материал [17] на основе отраслевого стандарта. Это был своевременный шаг, так как со вступлением в силу закона «О техническом регулировании» [18] отраслевые стандарты прекратили свое действие.

В 1999 г. в Госстандарте был создан технический комитет «Дорожное хозяйство» (ТК 418). Это было принципиальное решение, которое впервые позволило дорожной отрасли начать самостоятельную работу в сфере стандартизации.

За последние 15 лет, помимо ГОСТ 9128-59, было введено два стандарта, что расширило перечень типов асфальтобетонных смесей, применяемых в покрытиях автомобильных дорог. В 2002 г. был утвержден ГОСТ 31012-2002 [19], регламентирующий требования к щебеночно-мастичному асфальтобетону, а в 2011 г. введен в действие ГОСТ Р 54401-2001 [20], нормирующий требования к литому асфальтобетону. Оба документа основаны на адаптации зарубежного опыта.

Качество битума временами являлось предметом даже более жарких дискуссий, чем свойства непосредственно асфальтобетона. Все, кто занимается производством асфальтобетонных смесей или исследованиями в этой области, понимают, что именно свой-

ства вяжущего в первую очередь определяют свойства асфальтобетона. С 2006 г. обсуждение подходов к новому стандарту на вязкие дорожные битумы. Существующий с 1991 г. ГОСТ 22245-90 [21] с течением времени все меньше отвечал реальным потребностям дорожной отрасли. В то время как и в Евросоюзе, и в США быстро развивалось нормирование свойств битума, основывающееся на результатах реологических испытаний и более жестком подходе к оценке старения, отечественный стандарт оставался на уровне 80-х годов прошлого века, в определенной степени повторяя историю с ГОСТ 9128-59. При этом было очевидно, что одномоментный переход на новую систему оценки качества битумов, образно говоря «с Нового года», практически невозможен из-за масштабов инерции дорожной и нефтеперерабатывающей отраслей. Постепенность перехода, поэтапность внедрения новых подходов была единственно возможным способом движения вперед.

Дорожная отрасль первой воспользовалась предоставленной законодательством возможностью, когда, в соответствии с внесенными в закон «О техническом регулировании» изменениями, появился новый вид нормативных документов – предварительный национальный стандарт (ПНСТ). Этот документ может действовать параллельно с ранее существующим стандартом в течение трех лет, после чего принимается решение об отмене того или иного документа. В 2012 г. был утвержден ПНСТ 1-2012 [22], регламентирующий требования к вязким дорожным битумам. Ранее компанией «Автодор» был принят СТО 2.1-2011 [23], содержащий требования к битумам нефтяным дорожным улучшенным. Оба документа ориентированы на применение современных методов испытаний, вошедших в практику большинства индустриально развитых стран мира.

Таким образом, оба регулятора в сфере федеральных автомобильных дорог сделали шаги в сторону модернизации нормативной базы в области дорожных битумов на основе современных методов испытаний. С октября 2015 г. введен в действие ГОСТ 33133-2014 [24], который по сути явился развитием ПНСТ 1-2012 [22] и основан на современных подходах нормирования требований к битумам.

В частности, введено разделение всех требований на основные и дополнительные, в классификацию введены новые марки, основанные на сужении интервалов пенетрации; введен новый показатель динамической вязкости, измеряемый с помощью ротационного вискозиметра; при оценке устойчивости к старению используется метод RTFOT, испытание на растяжимость дополнено определением усилий. Дорожное агентство активно двигается дальше, внедряя методологию «Суперпейв», разработанную в США и применяемую во многих странах мира. Не удивительно, что такой ход событий периодически встречает как непонимание, так и нежелание осваивать новое. Слишком долго длился комфортный период, когда можно было работать по стандартам, книгам и конспектам полувековой давности. Независимо от этого, в рамках внедрения методологии «Суперпейв» был разработан и в 2016 г. утвержден комплекс предварительных национальных стандартов, состоящий из 50 ПНСТ, 11 из которых распространяются на битумное вяжущее, 12 – на каменные материалы и 27 – на проектирование и испытания асфальтобетона.

Изменения, происходящие в настоящее время, давно назрели. Подходы к нормированию свойств битума, которые развиваются сейчас за рубежом, были разработаны в нашей стране в конце 60-х годов прошлого века. А.С. Колбановской было показано, что для дорожных битумов необходимо нормировать [25]:

1. Наибольшую пластическую вязкость в интервале эксплуатационных температур, характеризующую неразрушенную структуру битума при эксплуатации.
2. Наименьшую пластическую вязкость в интервале технологических температур, характеризующую свойства битума при объединении с минеральными материалами, укладке и уплотнении смеси.
3. Предельное напряжение сдвига (когезию), характеризующее прочность битума в условиях средних и повышенных эксплуатационных температур.
4. Модуль упругости при отрицательных температурах.
5. Наибольшую предельную деформацию при отрицательных температурах.
6. Адгезию битума к поверхности минеральных материалов.
7. Показатель устойчивости против старения.

Сравнивая этот перечень с подходом, реализованным в методологии «Суперпейв», можно отметить принципиальное совпадение основных позиций. Это является дополнительным аргументом для ускорения перехода на идеологию нормирования свойств вяжущих, во многом научно осознанную у нас в стране, а реализованную, к сожалению, раньше за рубежом.

### Выводы

Система оценки качества асфальтобетона, содержащаяся в ГОСТ 9128-59, не отвечает современным транспортным условиям. Существующие показатели оценки асфальтобетона не позволяют прогнозировать поведение материала на основе испытания на одноосное сжатие до разрушения, не имеющего никакого отношения к реальным условиям эксплуатации асфальтобетонных покрытий.

Дальнейшее развитие стандартизации асфальтобетона в нашей стране может идти только по пути, уже сложившемуся в мировой практике, т.е. по пути использования методов испытаний, в наибольшей степени моделирующих реальные условия эксплуатации асфальтобетона в дорожных конструкциях. Дорожным агентством за последнее десятилетие в этом направлении выполнен большой комплекс научно-технических работ. Утверждены предварительные национальные стандарты на асфальтобетон ПНСТ 183-2016 [26] и ПНСТ 184-2016 [27], основанные на межгосударственных стандартах, регламентирующих требования к битуму, щебню, песку и минеральному порошку.

Предприняты ощутимые усилия по преодолению отставания нормативной базы на дорожный асфальтобетон от принятых в мире требований, которые диктуются современными транспортными нагрузками и интенсивностями.

Начался новый этап развития нормативной базы, который требует широкого обсуждения и консолидации усилий регуляторов дорожной отрасли и профессионального научно-технического сообщества.

### Литература

1. Асфальтобетонные смеси (горячие) дорожные. Общие требования на материалы для их приготовления : ГОСТ 9128-59. – [не действует]. – М. : Стандартгиз, 1959. – 8 с.
2. Технические условия, правила и нормы для изысканий, проектирования, постройки, ремонта и содержания автодорожных дорог и мостовых сооружений на них / ЦУДОТРАНС НКПС СССР, – М., 1931. – 36 с.
3. Технические правила на сооружение дорожных покрытий из асфальтового бетона, применяемого в горячем состоянии / сост.: канд. техн. наук А.И. Лысихина, инж. А.В. Волков, инж. Е.Н. Козлова [и др.]. – М.: Дориздат, 1949. – 56 с.
4. Горельшев Н.В. Совершенствование стандартизации асфальтобетона / Н.В. Горельшев, Н.В. Быстров // Автомобильные дороги. – 1994. – № 9. – С. 11–14.
5. Золотарев В.А. О структуре и содержании стандарта на дорожные асфальтобетоны / В.А. Золотарев // Автомобильные дороги. – 2012. – № 7. – С. 68–75.
6. Смеси асфальтобетонные, полимерасфальтобетонные, асфальтобетон, полимерасфальтобетон для автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия: ГОСТ 9128-2013. – [Чинний від 2014-11-01]. – М.: Стандартинформ, 2014. – 51 с. – (Міждержавний стандарт).
7. BS EN 12697-22:2003. Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Wheel tracking. – BSI, 2004. – 32 p.
8. BS EN 12697-24:2012. Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Resistance to fatigue. – BSI, 2012. – 62 p.
9. BS EN 12697-25:2016. Bituminous mixtures. Test methods. Cyclic compression test. – BSI, 2016. – 40 p.
10. BS EN 12697-26:2012. Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Stiffness. – BSI, 2012. – 54 p.
11. AASHTOTP 79. Standard Method of Test for Determining the Dynamic Modulus and Flow Number for Asphalt Mixtures Using the Asphalt Mixture Performance Tester (AMPT). – Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2016. – 21 p.
12. AASHTOT 320. Method Of Test For Determining The Permanent Shear Strain And Stiffness Of Asphalt Mixtures Using The Superpave Shear Tester (SST). –

- Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2012. – 13 p.
13. AASHTOT 321. Standard Method of Test for Determining the Fatigue Life of Compacted Asphalt Mixtures Subjected to Repeated Flexural Bending. – Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2014. – 12 p.
  14. AASHTOT 322. Standard Method of Test for Determining the Creep Compliance and Strength of Hot-Mix Asphalt (HMA) Using the Indirect Tensile Test Device. – Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2007. – 12 p.
  15. AASHTOT 342 Standard Method of Test for Determining Dynamic Modulus of Hot Mix Asphalt (HMA). – Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2011. – 18 p.
  16. Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блоксополимеров типа СБС. Технические условия: ОСТ 218.010-98. [не действует с 2003]. – М.: Ротапринт Г.П. Информавтодор, 1998. – 13 с.
  17. Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блоксополимеров типа стирол-бутадиен-стирол. Технические условия: ГОСТ Р 52056-2003. – [Введён в действие 2004-01-01]. – М.: Стандартинформ, 2007. – 8 с.
  18. О техническом регулировании: закон от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ / – № 1–2, в Собрании законодательства от 30 декабря 2002 г. № 52 (часть I) ст. 5140.
  19. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. технические условия: ГОСТ 31015-2002. – [Введён в действие 2003-04-30]. – М. – 26 с.
  20. Дороги автомобильные общего пользования. Асфальтобетон дорожный литой горячий. Технические условия: ГОСТ Р 54401-2001. – [Введён в действие с 2012-05-01]. – М.: Стандартинформ, 2012. – 20 с.
  21. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия: ГОСТ 22245-90. – [Введён в действие с 1991-01-01]. – М.: ИПК Издательство Стандартов, 1997. – 11 с.
  22. Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия: ПНСТ 1-2012. – [Введён в действие с 2013-04-01]. – М.: Стандартинформ, 2014. – 11 с.
  23. Битумы нефтяные дорожные улучшенные. Технические условия: СТО 2.1-2011. – [Введён в действие с 2011-12-01]. – М.: Автодор, 2011. – 14 с.
  24. Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические требования: ГОСТ 33133-2014. – [Введён в действие с 2015-10-01]. – М.: Стандартинформ, 2015. – 11 с.
  25. Колбановская А.С. Дорожные битумы / А.С. Колбановская, В.В. Михайлов. – М.: Транспорт, 1973. – 264 с.
  26. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия: ПНСТ 183-2016. – [Введён в действие с 2016-12-20]. – М.: Стандартинформ, 2017. – 23 с.
  27. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Технические условия: ПНСТ 184-2016. – [Введён в действие с 2016-12-20]. – М.: Стандартинформ, 2017. – 40 с.

Рецензент: С.Н. Толмачёв, профессор, д.т.н., ХНАДУ.