



Significance of Tests for Petroleum Products

8th Edition

Salvatore J. Rand, Editor

ASTM Stock Number MNL1-8TH



INTERNATIONAL
Standards Worldwide

ASTM International
100 Barr Harbor Drive
PO Box C700
West Conshohocken, PA 19428-2959

Printed in U.S.A.

С. Дж. Ранд (ред.)

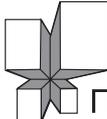
АНАЛИЗ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Методы, их назначение и определение

*Перевод с 8-го английского издания под редакцией
канд. хим. наук Новикова Е. А.,
канд. хим. наук Нехамкиной Л. Г.*

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ПРОФЕССИЯ

Санкт-Петербург
2012

 ЦЕНТР
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
ПРОГРАММ
ПРОФЕССИЯ

ББК 35.514я2
УДК 665.61:543(035)

С. Дж. Ранд (ред.)

Ран22 Анализ нефтепродуктов. Методы, их назначение и определение : пер. с англ. 8-го изд. / [С. Дж. Ранд и др.] ; под ред. Е. А. Новикова, Л. Г. Нехамкиной. — СПб. : ЦОП «Профессия», 2012. — 664 с., ил.

ISBN 978-5-91884-044-3

ISBN 978-0-8031-7001-8 (англ.)

Уникальный справочник содержит информацию о характеристиках и свойствах нефтепродуктов и методах их определения на основе стандартов *ASTM* и международных стандартов. В справочном руководстве всесторонне описываются показатели и методы контроля качества топливных оксигенатов, автомобильных моторных масел, базовых компонентов смазочных материалов, а также синтетических жидких топлив, дизельных топлив и др.

Издание предназначено для широкого круга специалистов и сотрудников производственных и испытательных лабораторий нефтеперерабатывающих производств, НПЗ, нефтехимических предприятий, специалистов по дистрибуции и экспорту нефти и нефтепродуктов, исследователей и студентов профильных специальностей.

ББК 35.514я2
УДК 665.61:543(035)

Copyright © 2010 ASTM International, West Conshohocken, PA. All rights reserved.

This material may not be reproduced or copied, in whole or in part, in any printed, mechanical, electronic, film, or other distribution and storage media, without the written consent of the publisher.

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Информация, содержащаяся в данной книге, получена из источников, рассматриваемых издательством как надежные. Тем не менее, имея в виду возможные человеческие или технические ошибки, издательство не может гарантировать абсолютную точность и полноту приводимых сведений и не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 978-0-8031-7001-8 (англ.)
ISBN 978-5-91884-044-3

© ASTM International, West Conshohocken, PA, 2010
© ЦОП «Профессия», 2012
© Перевод, оформление: ЦОП «Профессия», 2012

Оглавление

Обращение к читателю.....	5
Предисловие к русскому изданию: <i>ASTM International</i> и его стандартные методы.....	12
Об издании.....	14
Благодарности	14
Сведения об авторе.....	14
Глава 1. Введение.....	15
Глава 2. Топлива для автомобильных двигателей с искровым зажиганием.....	18
Сорта топлива для двигателей с искровым зажиганием.....	20
Детонационная стойкость.....	21
Летучесть.....	23
Другие свойства	27
Законодательные требования США к топливам для двигателей с искровым зажиганием.....	35
Бензин-кислородные смеси.....	40
Глава 3. Топливные оксигенаты	47
Государственное регулирование	49
Федеральные налоговые льготы на возобновляемые топлива	57
Топливный этанол	58
Денатурированный топливный этанол, предназначенный для смешивания с бензином.....	59
Этанольное топливо: <i>Ed75–Ed85</i>	64
Метанольное топливо: <i>M70–M85</i>	68
Метил- <i>трет</i> -бутиловый эфир для смешивания с бензином	72
Биодизельное топливо	74
Плотность и относительная плотность	80
Отбор проб и обращение с ними. Контейнеры для пробоотбора	80
Глава 4. Топлива для дизельных двигателей сухопутного и водного транспорта и для неавиационных газовых турбин	85
Дизельные двигатели.....	86
Неавиационные газовые турбины	87
Процесс горения.....	87
Общие характеристики топлив и спецификации	90

Свойства топлив и методы их определения	97
Литература	121
Глава 5. Биодизель	123
Рабочая группа <i>ASTM</i> по биодизелю	126
Стандарты на биодизель	130
Спецификации биодизельных смесей.....	134
Общие характеристики топлив	138
Литература	144
Глава 6. Топлива для горелок, отопления и освещения	145
Допустимое содержание биодизеля в печных топливах	146
Экологические и другие аспекты.....	146
Керосин	147
Транспортировка дистиллятных печных топлив	149
Остаточные, или тяжелые, нефтяные топлива	149
Отработанные смазочные масла как топливо для горелок.....	150
Горелки.....	150
Классификация нефтяных топлив и их спецификации	154
Лабораторные испытания нефтяных топлив и их значимость.....	155
Оценка эксплуатационных качеств бытовых печных топлив	168
Оценка эксплуатационных качеств керосина.....	169
Другие лабораторные испытания керосинов и их значимость.....	172
Рекомендуемая литература.....	176
Глава 7. Авиационные топлива	177
История развития авиационных топлив	177
Авиационный бензин.....	178
Авиационные турбинные (реактивные) топлива.....	191
Отбор проб авиационных топлив	212
Присадки к авиационным топливам	214
Определение содержания присадок	224
Литература	228
Глава 8. Нефть	229
Инспекционные испытания	230
Полный анализ.....	242
Арбитражные методы	250
Отбор проб.....	250
Нефть как топливо	251
Совместимость нефтей	252
Будущие потребности в определении характеристик нефти.....	253
Приложение А: процедуры отбора проб для определения содержания H_2S	255
Литература	259

ГЛАВА 9. Свойства нефтяного кокса, пека и искусственных углеродных и графитовых материалов	262
Атомные структуры различных модификаций углерода	263
Нефтяной кокс и пек.....	264
Процесс графитизации	265
Способы производства.....	266
Методы испытаний	267
Благодарности	282
Литература	282
ГЛАВА 10. Методы отбора проб	283
Ручной отбор проб.....	284
Автоматический отбор проб	298
Статические замеры	305
ГЛАВА 11. Методы оценки стабильности и чистоты жидких топлив.....	312
Требования к качеству производства и общие требования	314
Методы определения стабильности	315
Окислительная стабильность.....	315
Термическая стабильность.....	318
Методы определения чистоты и загрязненности топлив	321
Микробиологическое загрязнение	329
Вода и осадок.....	331
Методы определения совместимости тяжелых и остаточных топлив.....	332
Некоторые свойства, связанные со стабильностью и чистотой.....	334
Отбор проб.....	334
Литература	338
ГЛАВА 12. Газообразные топлива и легкие углеводороды от метана до бутана, газовый бензин и легкие олефины	339
Сырье	339
Готовые продукты и критерии их качества.....	341
Методы испытаний газообразных и легких углеводородов.....	352
Благодарность.....	353
Литература	356
Глава 13. Нефтяные растворители	357
Основные варианты применения.....	357
Требования к продуктам.....	358
Типы углеводородов	361
Товарные углеводородные растворители	363
Методы испытания растворителей.....	367
Литература	377

ГЛАВА 14. Белые минеральные масла	378
Производство.....	378
Надзор за чистотой.....	379
Оценка качества	381
Литература	388
ГЛАВА 15. Базовые масла смазочных материалов.....	389
Обзор состава базовых масел	389
Получение базовых масел	390
Методы <i>ASTM</i> испытания базовых масел.....	391
Методы определения свойств базовых масел.....	392
Заключение.....	403
Литература	404
ГЛАВА 16. Смазочные масла	405
Оценка качества	406
Значимость испытаний	407
Состав и получение	407
Основные свойства.....	408
Автомобильные моторные масла.....	413
Масла для судовых дизельных двигателей	417
Масла для двигателей рельсового транспорта и двигателей промышленного назначения.....	418
Газотурбинные масла.....	419
Масла для газовых двигателей	421
Масла для зубчатых передач	421
Жидкости для автоматических коробок передач	424
Масла для паровых турбин.....	425
Гидравлические масла	427
Другие смазочные масла	429
Заключение.....	430
ГЛАВА 17. Моторные масла для легковых автомобилей и определение их рабочих характеристик	434
Краткая предыстория эволюции автомобильных моторных масел	434
Функции моторного масла.....	436
Режимы работы двигателя	437
Состав и функции присадок к моторным маслам.....	443
Стендовые испытания моторных масел	446
Испытания некоторых физических свойств моторных масел и их значимость	447
Методы определения некоторых химических свойств моторных масел и их значимость.....	453
Вопросы, касающиеся разработки методов испытаний	457
Задачи на будущее	458

Перспективы развития стандартизованных методов испытаний моторных масел.....	459
Литература	460
ГЛАВА 18. Нефтяные масла для резиновых смесей	462
Краткая предыстория вопроса.....	462
Состав масел для резиновых смесей.....	464
Значимость состава масла	466
Классификация масел для резиновых смесей.....	467
Физические свойства масел для резиновых смесей.....	468
Технологические масла специального назначения.....	471
Благодарности	471
Литература	472
ГЛАВА 19. Пластичные смазки	473
Состав	474
Выбор пластичных смазок	476
Общие характеристики	476
Классификация пластичных смазок и их спецификации	480
Методы испытаний и их значимость.....	482
Окислительная стабильность.....	498
Коррозия.....	506
Прочие свойства.....	510
Упраздненные стандарты	514
Международные стандарты	514
Благодарности	515
Литература	519
ГЛАВА 20. Нефтяные парафины и петролатумы	520
Получение нефтяных парафинов	521
Определения	522
Применение парафинов.....	523
Критерии качества	524
Методы испытаний	532
Благодарность.....	538
Литература	538
ГЛАВА 21. Методы экологических испытаний нефтепродуктов	539
Назначение экологических характеристик	540
Экологические характеристики.....	543
Характеристики «трудных» материалов	554
Методы испытаний	557
Литература	573

ГЛАВА 22. Определение неорганических веществ в нефтепродуктах и смазочных материалах	575
Анализ отработанных масел.....	577
Аналитические методы определения неорганических веществ	578
Обеспечение качества результатов	602
Перспективы	603
Литература	603
ГЛАВА 23. Обеспечение качества результатов испытаний стандартными методами	606
Показатели качества результатов испытаний	606
Контроль обеспечения качества результатов испытаний	612
Применение показателей качества результатов испытаний для определения соответствия качества продукции требованиям спецификаций.....	613
Заключение	614
ГЛАВА 24. Синтетические жидкие топлива	615
Технология Фишера–Тропша	616
Анализ синтетических продуктов компании <i>Sasol</i>	619
Заключение	634
Литература	637

Предисловие к русскому изданию: *ASTM International* и его стандартные методы

Четыре буквы в окружности на обложке этой книги — *ASTM* — логотип Американского общества по испытаниям и материалам (*American Society for Testing and Materials*). Не так давно к этой аббревиатуре добавилось еще слово *International* — «международное». Сочетание «международное американское общество» звучит несколько странно, но отражает суть дела: методы, разработанные *ASTM International*, де-факто стали международными. Они приняты в качестве стандартных во множестве стран; даже в Российской Федерации некоторые из них допущены к использованию. Это произошло, по-видимому, вследствие жизненной идеологии, заложенной в основу этого Общества: стандарты разрабатывают и утверждают те, кто ими пользуется, «стандартизуемые» являются «стандартизирующими», и наоборот.

ASTM International — некоммерческая саморегулирующаяся организация, основанная на добровольном членстве. Членом *ASTM* может стать любой желающий независимо от гражданства. Раз в год члены *ASTM* собираются на ежегодную встречу; между встречами работа ведется в комитетах, каждый из которых отвечает за свою область стандартизации. Разработка стандарта всегда сопровождается бурными дебатами экспертов разных профессий из разных стран, компетентных каждый в своей области. Новые стандарты утверждаются при единодушном согласии участников. Каждый стандарт вбирает в себя всё богатство знаний и опыта этих экспертов. Именно такое широкое представительство и придает стандартам *ASTM* их значимость и надежность. Эта же движущая сила, «дух кооперативного антагонизма», порождает постоянное обновление стандартов, приведение их в соответствие постоянно меняющимся требованиям индустрии.

Эта книга относится к серии справочников (*Manuals*), издаваемых *ASTM International*. Собственно говоря, это справочник № 1 (*Manual 1*), издаваемый Комитетом *D02 ASTM*, ответственным за нефтепродукты и смазки. Впервые он был издан в 1928 г. и периодически обновлялся и дополнялся в последующие 75 лет. Настоящее издание — уже восьмое. Задача справочника — ответить на вопрос: «Для чего служат те или иные показатели качества нефтепродуктов, зачем их нужно определять и какие методы следует для этого применять?». Описанию самих методов уделяется немного внимания.

Главы справочника написаны разными авторами и посвящены различным нефтепродуктам: бензинам, дизельным и авиационным топливам, маслам, сжиженным газам и т. д. При чтении нужно отдавать себе отчет, что авторы — американцы и уделяют повышенное внимание американской специфике использования нефтепродуктов: в частности, экологическим требованиям Федерального управления США по охране окружающей среды США (*Environmental Protection Agency, EPA*), Закона о чистом воздухе (*Clean Air Act*) и многих других принятых в США регулятивных норм.

В Российской Федерации под влиянием европейского окружения несколько большее распространение получили методы *EN* (*Europäische Norm*), находящиеся в юрисдикции Европейского комитета по стандартизации (*Comité Européen de Normalisation, CEN*) и Международной организации по стандартизации *ISO* (*International Standard Organization*). На их основе у нас принимаются ГОСТы, носящие обозначения ГОСТ Р EN, ГОСТ Р ИСО, ГОСТ Р EN ИСО.

Стандарты *ASTM* не всегда имеют аутентичные аналоги *EN* и *ISO*. Европейцы утверждают свои методы, руководствуясь несколько иными принципами, чем *ASTM International*. Но для всех европейских методов всегда есть идеологически эквивалентные стандарты *ASTM*, которые либо были их предшественниками, либо были разработаны совместно. Есть и общие методы: например, метод определения плотности нефтепродуктов ареометром *ASTM D1298* действует также под обозначениями *EN ISO 3675* и *IP 160*.

Аббревиатура *IP* означает методы Британского нефтяного института (*Institute of Petroleum*); ссылки на эти методы используются в книге. В 2003 г. Британский нефтяной институт был объединен с Институтом энергетики и переименован в Энергетический институт (*Energy Institute, EI*), но старое обозначение методов *IP* всё равно сохранилось.

В тексте встречаются также ссылки на методы с обозначением *UOP*. Это корпоративные методы компании *Universal Oil Products*, разработанные ее специалистами для внутренних целей. Эти методы оказались настолько удачно сделаны, что многие из них стали использоваться наряду с *ASTM*, *ISO*, *IP* и другими общепризнанными стандартами.

В переводе мы, переводчик и редакторы, старались придерживаться единиц системы СИ. Градусы Фаренгейта, футы, фунты, дюймы, галлоны и т. п. в русском издании, как правило, опущены. внесистемные единицы сохранены только там, где они необходимы для понимания текста.

Канд. хим. наук *Е. А. Новиков*
Канд. хим. наук *Л. Г. Нехамкина*

Об издании

Книга издана при финансовой поддержке Комитета *D02 ASTM* по нефтепродуктам и смазочным материалам. Редактор — Сальваторе Дж. Ранд, консультант из Норт-Форт Майерс, Флорида. Это уже восьмое издание Справочника № 1 из серии справочников *ASTM International*.

Благодарности

Эта книга — результат труда многих авторов. Я хотел бы выразить всем им искреннюю признательность. Особо хочу поблагодарить сотрудников отдела публикаций *ASTM International* и, в частности, Кэти Дернога и Монику Сайперко, которые оказывали нам помощь на всём протяжении работы над данным изданием. Я хотел бы также поблагодарить Кристину Урсо из Американского института физики, взявшую на себя труд по переработке издания, состоящего из 24 глав и написанного 37 авторами. Я также очень признателен всем авторам, каждый из которых, будучи экспертом в своей области, внес свой вклад в раскрытие самых разнообразных вопросов, рассматриваемых в этом справочнике. Я благодарен всем 46 экспертам, которые внимательно изучили материалы различных глав и дали рекомендации, позволившие улучшить настоящий справочник. В заключение я хотел бы выразить признательность тем промышленным и государственным заказчикам, кто принимал участие в издании этой книги. Эти люди дают нам возможность создавать такие справочники в интересах всех, кто пользуется стандартами в области нефтяной промышленности.

Сведения об авторе

Доктор Сальваторе Ранд — независимый консультант в области нефтяной промышленности, член *ASTM International*. Он получил степени бакалавра химии и философии в Фордхемском университете, а также доктора физической химии и физики в Политехническом институте Ренселера. Доктор Ранд 22 года проработал в Исследовательском центре Техаса. В течение этого времени он руководил лабораторией по испытаниям топлив и обеспечивал технической информацией представительства компании во всем мире, занимающиеся вопросами производства, сбыта и распределения топлив, инспектирования и аудита лабораторий и обучения персонала частных и промышленных лабораторий. Он также представлял штат Техас в различных подкомитетах *D02 ASTM*. В числе его достижений — разработка программ контроля качества для компаний, занимающихся распределением топлив на всей территории Соединенных Штатов.

Доктор Ранд разработал обучающие курсы *ASTM* под названиями «Бензин: спецификации, испытания и технологии», а также «Технология топлив» и почти сто раз провел эти курсы в различных странах мира. Ранее он занимал пост второго заместителя председателя комитета *D02 ASTM* по нефтепродуктам и смазочным материалам. Он занимал также посты председателя Подкомитета *D02.05 ASTM* по свойствам топлив, нефтяного кокса и углеродных материалов, секретаря Подкомитета *D02.05.0C ASTM* по цветовым свойствам и химической активности нефтепродуктов. Кроме того, доктор Ранд был членом комитета *ASTM* по деятельности технических комитетов (COTCO). Он является автором ряда научных публикаций, состоит в клубе членов Американского химического общества с пятидесятилетним стажем и в прошлом был председателем отделения Общества в Мид-Хадсоне. Сальваторе Ранд удостоен многих наград, в том числе высшей наградой *ASTM* «За заслуги», высшей наградой Подкомитета *D02* «За достижения», почетной наградой имени Джорджа Дироффа для членов Подкомитета *D02* и почетной наградой имени Серджента Лурье.

ГЛАВА 10

Методы отбора проб

Питер У. Козевитц (помощник директора отделения вольных слушателей Техасского университета по нефтегазовой промышленности, Хьюстон, Техас, 77073), **Дель Дж. Мейджор** (старший специалист по замерам и учету продукции, *Shell Exploration and Production Company*, Хьюстон, Техас, 79079) и **Дэн Комсток** (преподаватель, отделение вольных слушателей Техасского университета по нефтегазовой промышленности, Хьюстон, Техас, 77073)

При операциях приемки или передачи углеводородных продуктов необходимо определять как объем продукции, так и ее качество. Для определения физических и химических характеристик нефти и нефтепродуктов из них отбирают пробы, которые испытывают различными методами. Результаты испытаний служат для определения качества, количества и цен продуктов, являющихся частью приемо-сдаточных операций. Ввиду такого предназначения результатов испытаний отбор проб становится важнейшей частью любой процедуры анализа. Кроме того, отбор проб необходим для проверки качества товарных запасов. Столь же внимательный подход нужен и при отборе проб для проверки на соответствие нормативным требованиям, контроля технологических процессов или внутреннего контроля качества. Пробы отбираемых продуктов должны быть представительными. Наибольшую представительность проб обеспечивает метод автоматического отбора, но он возможен не всегда, так как это динамический метод, применяемый к продуктам, движущимся по трубопроводу. Если автоматический пробоотбор нельзя применить, лучшее, что остается, — это методы ручного отбора проб. Пробы отбирают вручную в тех случаях, когда жидкость находится в состоянии покоя в резервуаре или сосуде. При ручном отборе нет возможности убедиться в том, что отбираемые пробы действительно являются представительными, поэтому их обычно рассматривают как

представительные на том основании, что использовать автоматический пробоотбор невозможно и единственный возможный метод отбора — ручной. Ниже в разделах «Ручной отбор проб» и «Автоматический отбор проб» будут рассмотрены процедуры и оборудование получения представительных проб для количественного и качественного анализа. В разделе «Статические измерения» рассматривается связь между технологией отбора проб и измеряемым объемом продукции.

РУЧНОЙ ОТБОР ПРОБ

Общие сведения

Цель ручного отбора проб (*ASTM D4057*) — получение небольшого объема продукта из определенной части контейнера, который был бы представительным для всего продукта в этой части контейнера или (в случае средней пробы из всех слоев) состав которого был бы представительным для столба жидкости в контейнере, из которого отбирается проба. Ручной отбор менее предпочтителен, чем автоматический, и применяется в тех случаях, когда нет других способов получения проб (что, впрочем, случается часто). Существует множество правил, которые следует соблюдать для того, чтобы отбираемую пробу можно было считать представительной; они зависят от типа отбираемого вещества, резервуара, транспортной емкости, контейнера или линии, из которых отбирается проба, от типа и чистоты пробоотборного контейнера и применяемой методики отбора. В табл. 1 представлены процедуры пробоотбора и их предназначение. Каждая из процедур пригодна для отбора проб ряда веществ при определенных условиях хранения или транспортировки. Принцип, лежащий в основе каждой процедуры, — получить образец или композитную пробу таким способом и из таких частей резервуара или иного контейнера, чтобы ее можно было считать представительной для анализируемой нефти или нефтепродуктов.

Таблица 1

Процедуры отбора проб и их применение

Применение	Тип контейнера	Процедура
Жидкости с давлением паров по Рейду не выше 101 кПа	Наземные резервуары, резервуары на судах и баржах, автомобильные и железнодорожные цистерны	Отбор проб в бутылках
		Отбор стержневых проб
Жидкости с давлением паров по Рейду 101 кПа или ниже	Резервуары, оборудованные кранами	Отбор проб из крана
Донная проба жидкостей с давлением паров по Рейду 13 кПа или ниже	То же	То же
Жидкости с давлением паров по Рейду 101 кПа или ниже	Трубопроводы или линии	Ручной отбор проб из трубопровода
Жидкости с давлением паров по Рейду 13 кПа или ниже	Открытые или закрытые выходящие потоки продуктов	Отбор ковшовых проб
То же	Бараны, бочки, бидоны	Отбор проб пробоотборной трубкой или желонкой

Окончание табл. 1

Применение	Тип контейнера	Процедура
Донная или стержневая проба жидкостей с давлением паров по Рейду 13 кПа или ниже	Автомобильные и железнодорожные цистерны, резервуары	Отбор стержневых проб
Жидкие и полужидкие продукты с давлением паров по Рейду 13 кПа или ниже	Открытые или закрытые выходящие потоки продуктов, открытые резервуары или бадьи с открытым верхом, автомобильные и железнодорожные цистерны, барабаны	Отбор ковшовых проб
Сырая нефть	Наземные резервуары, резервуары на судах и баржах, автомобильные и железнодорожные цистерны, трубопроводы	Автоматический отбор проб
		Отбор стержневых проб
		Отбор проб в бутылках
		Отбор проб из крана
Промышленные ароматические углеводороды, парафины, твердые продукты, битумы, другие твердые продукты мягкой консистенции	Наземные резервуары, резервуары на судах и баржах	Отбор проб в бутылках
	Бочки, ящики, мешки, кусковые продукты	Отбор проб сверлением
Нефтяной кокс, кусковые твердые продукты	Грузовые автомобили или вагоны, конвейеры, мешки, бочки, ящики	Отбор проб совком
Пластичные смазки, мягкие парафины, асфальты	Бадьи, барабаны, бидоны, тубы	Отбор пластичных проб
Асфальтовые материалы	Наземные резервуары, автоцистерны, линии, контейнеры	
Эмульгированные асфальты	Наземные резервуары, автоцистерны, линии, контейнеры	

Определения

Бегущую пробу получают погружением открытого пробоотборного стакана или бутылки до уровня нижней точки выпускного патрубка или подвижной сливной трубы и возвращением пробоотборника к поверхности жидкости с постоянной скоростью таким образом, чтобы при извлечении из жидкости он оказался заполненным примерно на три четверти объема. Бегущая проба не обязательно является представительной, так как объем жидкости в резервуаре может изменяться непропорционально глубине, а оператор может не иметь возможности поднимать пробоотборник с переменной скоростью, требуемой для пропорционального заполнения. Скорость заполнения пробоотборника пропорциональна квадратному корню из глубины его погружения под поверхностью жидкости.

Боковая проба из резервуара — точечная проба, отбираемая через пробоотборный патрубок на боковой поверхности резервуара.

Верхняя проба — точечная проба, взятая на уровне 15 см ниже поверхности жидкости (рис. 1).

Высверленную пробу получают из осколков, образующихся при сверлении шнековым буром кусковых продуктов или материала, содержащегося в бочке, ящике, мешке.

Донную пробу отбирают из материала в самой нижней точке резервуара, контейнера или линии. На практике этот термин имеет множество значений. Поэтому при его использовании следует указывать точное место отбора пробы.

Дренажная проба — проба, отбираемая из резервуара через кран слива воды. Иногда термин «дренажная проба» может означать то же самое, что и «донная проба»: например, при отборе проб из автомобильных или железнодорожных цистерн.

Желончатая проба — проба, отбираемая как стержневая или точечная из заданной точки резервуара либо контейнера с помощью пробоотборной трубки или специальной желонки.

Замерные стояки — используемые для проведения замеров вертикальные секции одной трубы или несколько труб, протянутых от контрольно-измерительной платформы к днищу резервуара, оснащенного понтоном или плавающей крышей. Стояки должны иметь непрерывные перекрывающиеся или смещенные щели от низа до верха; в противном случае отбор представительных проб невозможен.

Захваченная вода — вода, находящаяся в продукте во взвешенном состоянии. Захваченная вода включает в себя эмульгированную, но не включает растворенную.

Ковшовая проба — проба, отбираемая ковшом или иным пробоотборным сосудом, расположение которого в свободно изливаемом потоке позволяет отбирать определенный объем продукта из всего сечения потока через равные интервалы времени при постоянной скорости потока или интервалы времени, изменяющиеся пропорционально скорости потока.

Композитная проба — смесь точечных проб, смешанных пропорционально объемам продукта, из которых отобраны эти точечные пробы. Возможно также проведение некоторых испытаний точечных проб перед их смешиванием с последующим усреднением результатов. Точечные пробы из нефтяных резервуаров отбирают следующими способами:

1) *трехточечная композитная проба*: из резервуаров емкостью более 1000 баррелей, в которых высота столба нефти превышает 15 футов, отбираются пробы равного объема в верхней и средней точках и в нижней точке или на уровне выпускного патрубка товарной нефти в указанном порядке. Этот способ может применяться также к резервуарам емкостью до 1000 баррелей включительно;

2) *двухточечная композитная проба*: из резервуаров емкостью более 1000 баррелей, в которых высота столба нефти составляет от 10 до 15 футов, отбираются пробы равного объема в верхней и нижней точках либо на уровне выпускного патрубка товарной нефти в указанном порядке. Этот способ может применяться и к резервуарам емкостью до 1000 баррелей включительно.

Композитная проба из нескольких резервуаров (резервуаров на судах, баржах и т. д.) — смесь отдельных проб из нескольких отсеков, каждый из которых содержит нефть или нефтепродукт одной и той же марки. Смесь составляется пропорционально объему продукта в каждом из отсеков.

Композитная проба из резервуара — смесь проб из верхнего, среднего и нижнего слоев. В случае резервуара постоянного поперечного сечения по горизонтали (например, вертикального цилиндрического резервуара) смесь составляется из равных частей всех трех проб. В случае горизонтального цилиндрического резервуара смесь составляется из проб в разных пропорциях, зависящих от глубины жидкости, уровня отбора проб и числа пропорциональных частей проб из верхнего, среднего и нижнего слоев (табл. 2).

Таблица 2

Отбор проб из горизонтальных цилиндрических резервуаров

Глубина жидкости (в процентах от диаметра)	Уровень отбора пробы (в процентах от диаметра выше нижней точки)			Композитная проба (количество пропорциональных частей)		
	из верхнего слоя	из среднего слоя	из нижнего слоя	из верхнего слоя	из среднего слоя	из нижнего слоя
100	80	50	20	3	4	3
90	75	50	20	3	4	3
80	70	50	20	2	5	3
70		50	20		6	4
60		50	20		5	5
50		40	20		4	6
40			20			10
30			15			10
20			10			10
10			5			10

Образец для испытания — представительная вторичная проба, взятая для анализа из первичного или промежуточного контейнеров.

Однородный нефтепродукт — нефтепродукт, у которого свойства верхней пробы, проб из верхнего, среднего и нижнего слоев и пробы с уровня слива одинаковы в пределах погрешности лабораторных испытаний. В случае перекачки однородного продукта по трубопроводу свойства точечных проб, отобранных при прохождении 1, 20, 50, 80 и 99% всего объема, одинаковы в пределах погрешности лабораторных испытаний.

Отбор проб — последовательность всех шагов, необходимых для получения пробы, представительной для содержимого трубопровода, резервуара или иного сосуда, и помещения этой пробы в контейнер, из которого можно отобрать представительный образец для анализа.

Официальная проба отбирается в месте приемки-сдачи продукции и используется для определения ее свойств при приемо-сдаточных операциях.

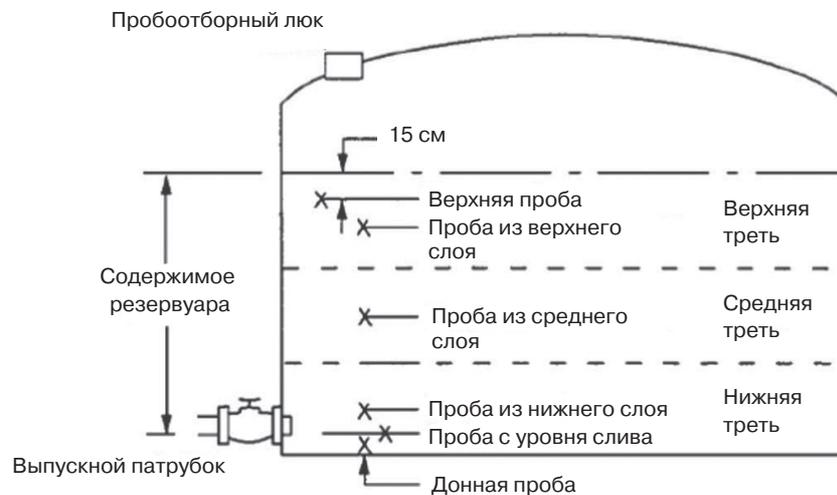
Первичный контейнер для ручного отбора проб — контейнер, в который первоначально помещают пробу, отбираемую вручную. Такими контейнерами могут быть стеклянные и пластиковые бутылки, банки или любые другие приспособления для ручного отбора проб.

Пластичная проба — проба, получаемая зачерпыванием твердого или полужидкого материала из упаковки таким образом, чтобы она была представительной.

Поверхностная проба — проба, отбираемая с поверхности жидкости в резервуаре.

Представительная проба отбирается из общего объема продукта при ручном отборе. Она должна содержать компоненты продукта в тех же пропорциях, что и в общем объеме. Истинный уровень представительности пробы определить невозможно, но если нет возможности применять автоматический пробоотбор, лучшее, что остается, — это ручной отбор проб. Наиболее представительные пробы дает автоматический пробоотбор.

Проба — часть продукта, отобранная из общего его объема, которая содержит (но может и не содержать) компоненты продукта в тех же пропорциях, что и в общем объеме.



Примечания. 1. Показанное место отбора пробы с уровня слива применимо лишь к резервуарам со сливным патрубком бокового расположения. Оно неприменимо, если патрубок выходит из дна резервуара или если слив осуществляется в амбар. Место отбора донной пробы должно указываться.

2. Пробы не следует отбирать из сплошных стояков, поскольку такие пробы не будут представительными для продукта в резервуаре в данной точке.

Рис. 1. Места отбора точечных проб

Проба из верхнего слоя — точечная проба, отбираемая из середины верхней трети содержимого резервуара (см. рис. 1).

Проба из крана — точечная проба, отбираемая из прободоотборного крана, расположенного на боковой поверхности резервуара. Такую пробу также можно называть боковой пробой из резервуара.

Проба из нижнего слоя — точечная проба, отбираемая из середины нижней трети содержимого резервуара (см. рис. 1).

Проба из среднего слоя — точечная проба, отбираемая из середины содержимого резервуара (точка отбора располагается посередине между точками отбора проб из нижнего и верхнего слоев) (см. рис. 1).

Проба из-под плавающей крыши — точечная проба, отбираемая для определения плотности жидкости непосредственно из-под крыши, плавающей на поверхности этой жидкости.

Проба с уровня слива — точечная проба, отбираемая на уровне нижней точки сливного патрубка (фиксированного или подвижного), но не выше 1 м над дном резервуара (см. рис. 1).

Проба, пропорциональная потоку, — проба, отбираемая из трубы в течение всего времени перекачки. Скорость отбора должна быть пропорциональна скорости потока в трубе в течение всего времени перекачки.

Промежуточная проба — точечная проба, отобранная открытием прободоотборника на уровне 10 см ниже сливного отверстия резервуара. Этот термин обычно используют при отборе проб из резервуаров малого объема, например арендуемых.

Промежуточный контейнер — сосуд, в который переносят целиком или частично объем пробы из первичного контейнера или приемника в целях транспортировки, хранения или удобства работы.

Растворенная вода — растворенная в продукте вода при определенных значениях температуры и давления.

Свободная вода — измеренный объем воды, которая при данной температуре находится в контейнере не во взвешенном состоянии.

Совковая проба — проба, получаемая отбором равных количеств рыхлых материалов из части или упаковки груза таким образом, чтобы она была представительной для всего груза. Термин «совковая проба» используется также при описании процесса автоматического отбора проб.

Средняя проба из всех уровней (all-level sample). Закрытый стакан или бутылку погружают как можно ближе к уровню отбора, затем открывают и поднимают с такой скоростью, чтобы при извлечении из жидкости пробоотборник был заполнен примерно на три четверти (максимум 85 %об.). Иной способ получения такой пробы заключается в использовании пробоотборников, которые заполняются при погружении и закрываются при подъеме. В любом случае после извлечения из жидкости пробоотборник должен быть заполнен на 70–85 %об.

Средняя точечная проба — точечная проба из середины резервуара емкостью менее 1000 баррелей, в котором высота столба продукта составляет менее 10 футов. Одна из средних точечных проб должна быть отобрана из точки, расположенной как можно ближе к вертикальной оси столба.

Стержневая проба — проба продукта в виде столба постоянного поперечного сечения, отбираемая из резервуара на заданной высоте.

Точечная проба — проба, отбираемая в определенной точке резервуара или за определенное время из трубы во время перекачки продукта.

Эмульсия — трудноразделимая смесь продукта с водой.

Контейнеры для проб

Контейнеры для проб варьируются по форме и размерам и изготавливаются из различных материалов. Для правильного выбора контейнера необходимо знать совместимость его материала с отбираемым продуктом, требования к повторному смешиванию и перечень планируемых методов испытаний пробы. Руководство *ASTM D5854* содержит подробные указания по выбору контейнера в соответствии с предполагаемым методом испытаний. *ASTM D5842* предъявляет специальные требования к контейнерам для проб летучих продуктов, а *ASTM D4306* рассматривает контейнеры для отбора проб авиационных топлив.

При ручном отборе проб готовых продуктов широко применяются промежуточные контейнеры. К способам применения и подготовке промежуточных контейнеров для проб готовых продуктов предъявляются те же требования, что и для первичных контейнеров.

В контейнерах для проб недопустимо образование застойных зон. Внутренняя поверхность контейнеров должна быть коррозионно-стойкой и исключать образование корки либо налипание воды и осадка. Проходное сечение отверстия для заполнения должно быть достаточно большим для удобства заполнения контейнера, его осмотра и очистки. Конструкция контейнера должна допускать приготовление однородной смеси, исключать потерю каких-либо компонентов и позволять переносить пробы в аппаратуру для анализа без потери ее представительности.

Контейнеры для проб могут представлять собой бутылки из прозрачного или коричневого стекла. Чистота прозрачных бутылок проверяется визуальным путем. Кроме того,

пробу в такой бутылки также можно визуально проверить на наличие свободной воды или твердых примесей. Бутылки из коричневого стекла обеспечивают определенную защиту от воздействия света.

Для транспортировки и хранения проб газойля, дизельного топлива, нефтяного топлива и смазочных масел можно использовать пластиковые бутылки, изготовленные из неокрашенного линейного полиэтилена. Такие бутылки не следует применять для транспортировки и хранения проб бензина, авиационного реактивного топлива, керосина, нефти, уайт-спирита, белого масла медицинского назначения и продуктов с определенной температурой кипения, пока результаты испытаний не покажут отсутствие проблем, вызываемых растворимостью материала бутылки в веществе пробы, загрязнением последней и улетучиванием легких фракций. (Ни в коем случае не следует хранить пробы жидких углеводородов в контейнерах из нелинейного (обычного) полиэтилена. Это обязательное условие предотвращения загрязнения пробы и повреждения бутылки.)

Приспособления для закупоривания контейнеров

Стеклянные бутылки можно закрывать корковыми или стеклянными пробками, а также резьбовыми крышками из пластмассы или металла. Корковые пробки должны быть качественными, чистыми и не иметь отверстий и следов выкрашивания. Ни в коем случае не следует пользоваться резиновыми пробками, так как их материал может оказаться несовместимым с углеводородами пробы, что приведет к ее загрязнению. Станиоль или алюминиевая фольга, обернутые вокруг корковой пробки, предотвращают контакт вещества пробы с материалом пробки. Стеклянные пробки должны быть хорошо притертыми.

Резьбовые крышки защищают изнутри прокладкой, изготовленной из станиоля, алюминиевой фольги или иного материала, не взаимодействующего с нефтью и нефтепродуктами.

Очистка контейнеров

Контейнеры для проб должны быть абсолютно чистыми: в них не должно быть воды, грязи, тканевых волокон, моющих средств, бензина, других растворителей, паяльного флюса или кислоты, следов коррозии, ржавления или масла. Аналогичные требования предъявляются к первичным и промежуточным контейнерам — в особенности к тем, которые используются для отбора проб готовых продуктов.

Сырая нефть и тяжелые нефтяные топлива

Сырая нефть и тяжелые нефтяные топлива обычно неоднородны. Во всех случаях, когда нужны представительные пробы для измерения плотности и содержания осадка и воды, рекомендуется пользоваться автоматическими пробоотборниками.

Пробы из резервуаров могут не оказаться представительными по следующим причинам:

1. Концентрация захваченной воды вблизи дна больше, чем у поверхности. Бегущая проба или композитная проба, составленная из проб из верхнего, среднего и нижнего слоев, могут оказаться не представительными для концентрации захваченной воды.

2. Жидкость вблизи границы раздела нефти и воды трудно поддается замеру, особенно при наличии эмульсии, расслоения либо ила.

3. Трудно измерить объем свободной воды, так как толщина ее слоя вдоль поверхности днища резервуара может быть неодинакова. Днище часто бывает покрыто линзами свободной воды или водяной эмульсии, запертыми слоями ила либо парафина.

Перенос проб сырой нефти и неоднородных нефтепродуктов

Переносить пробу сырой нефти из приемника в лабораторную посуду, в которой она будет подвергаться анализу, следует с особой осторожностью, иначе есть риск потери представительности. Как правило, пробы неоднородных продуктов перед переносом следует повторно приводить в однородное состояние. Число переносов должно быть минимальным.

Бензин и дистиллятные продукты

Бензин и дистиллятные продукты обычно бывают однородными, но их часто откачивают из резервуаров с четко отделенным слоем воды на дне. Отбор проб из резервуара допустим при следующих условиях:

- должно пройти достаточно много времени для удовлетворительного отделения и оседания тяжелого компонента (например, свободной воды);
- должна существовать возможность измерения уровня осевшего компонента, чтобы отбирать представительные пробы на достаточном удалении от этого уровня;
- если одно или более из этих условий не может быть выполнено, то рекомендуется отбирать пробы с помощью системы автоматического пробоотбора (см. руководство *ASTM D4177*).

При переносе любых продуктов следует проявлять чрезвычайную осторожность, а число переносов готовых продуктов должно быть сведено к минимуму. Ненужные переносы приводят к снижению представительности пробы. Обычно к порядку переноса готовых продуктов предъявляются четкие требования, которые следует соблюдать.

Отбор проб при транспортировке на судах

По взаимному соглашению сторон пробы могут отбираться из береговых резервуаров, судовых резервуаров или трубопроводов. Из трубопроводов пробы можно отбирать ручным или автоматическим способом. Пробы, надлежащим образом отобранные из трубопроводов автоматическим способом, являются наиболее представительными.

Пробы из резервуаров обычно нельзя считать представительными, если содержимое резервуара не является полностью однородным и содержит свободную воду.

СТАЦИОНАРНЫЕ ИЛИ БЕРЕГОВЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ

По взаимному соглашению сторон из стационарных нефтяных резервуаров отбирают следующие пробы: композитные точечные, точечные из среднего слоя, средние из всех слоев, бегущие, а также пробы из крана. При необходимости отбирают дополнительные пробы.

ПЕРЕКАЧКА ПРОДУКТОВ В СУДОВЫЕ ИЛИ БАРЖЕВЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ ИЛИ ИЗ НИХ

Пробы сырой нефти, загружаемой в судовые или баржевые резервуары либо выгружаемой из них, можно отбирать по взаимному соглашению сторон следующими способами:

1. Из береговых резервуаров до их загрузки; в случае перекачки в судовые или баржевые резервуары — до и после выгрузки.

2. Из трубопроводов во время откачки в судовые или баржевые резервуары или во время закачки в трубопроводы. Пробы из трубопроводов можно отбирать как вручную, так и автоматическим пробоотборником. Если необходимо промыть трубопровод или вытеснить его содержимое, необходимо следить за тем, чтобы пробы отбирались в объеме всего груза, но чтобы в их числе не оказались пробы вытесняющей жидкости. Может потребоваться отобрать отдельные пробы, чтобы определить влияние вытеснения содержимого трубопровода на предыдущую или последующую операции перекачки. Предпочтительный способ отбора проб из трубопровода предполагает использование автоматического пробоотборника.

3. Из судовых или баржевых резервуаров после загрузки или перед выгрузкой. Из каждого отсека грузовых резервуаров должна быть отобрана средняя проба из всех слоев или бегущая проба.

При загрузке судна официальной является обычно проба, отобранная из линии перекачки из берегового резервуара либо трубопровода. Но при необходимости в целях измерения содержания осадка и воды, а также определения других свойств могут быть отобраны пробы и из судовых резервуаров. Результаты испытаний проб из судовых резервуаров могут быть отражены в грузовом сертификате наряду с результатами испытаний проб из берегового резервуара.

При разгрузке судна предпочтительно отбирать пробы с помощью автоматического пробоотборника подходящей конструкции, установленного в линии перекачки и эксплуатируемого надлежащим образом. Однако если отбор представительных проб из линии невозможен, в качестве официальной используется проба из судового резервуара, за исключением специально оговоренных случаев, когда это не требуется.

Получение проб

При отборе проб необходимо проявлять крайнюю осмотрительность, гарантирующую, что пробы представляют общий характер и среднее состояние продукта.

Процедуры отбора проб

Описываемые в этом методе стандартные процедуры отбора проб были перечислены в табл. 1. Могут применяться альтернативные процедуры, если стороны достигли соответствующего соглашения. Такое соглашение должно быть составлено в письменном виде и подписано уполномоченными представителями сторон.

Отбор проб бутылками и стаканами

ПРИМЕНЕНИЕ

Процедура применима для отбора проб жидкостей с давлением паров по Рейду до 101 кПа включительно, находящихся в железнодорожных и автомобильных цистернах и береговых, судовых и баржевых резервуарах. Пробы твердых и полужидких продуктов, способных переходить в жидкое состояние при нагревании, отбирают согласно данной процедуре при условии, что во время отбора проб эти продукты представляют собой истинные жидкости.

АППАРАТУРА

Необходимы подходящие пробоотборные бутылки или стакан (рис. 2). Их рекомендуемое назначение и диаметры горловин приведены в табл. 3.

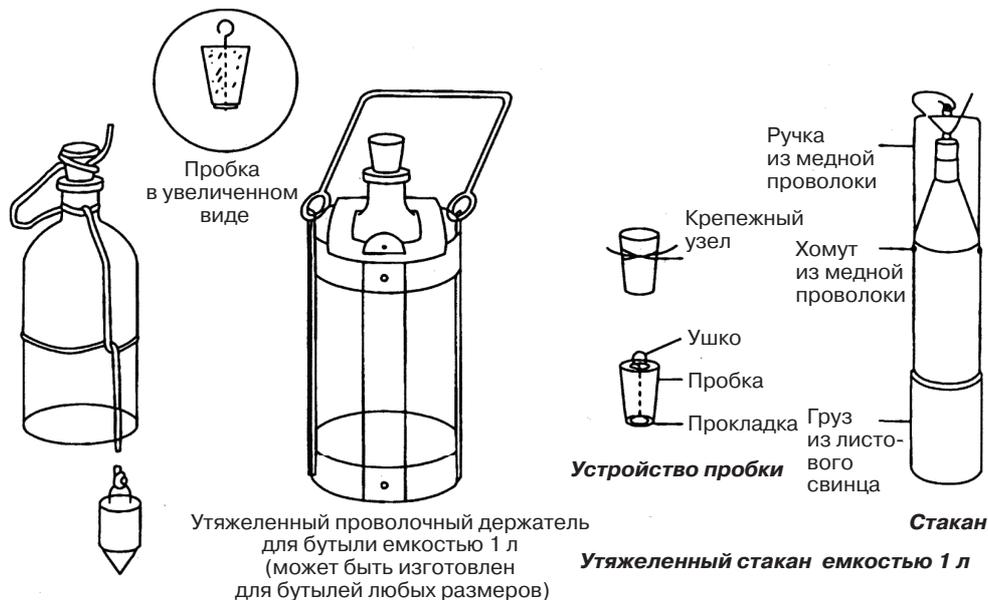


Рис. 2. Типичные контейнеры для отбора проб бутылками и стаканами

Таблица 3

Утяжеленные пробоотборные бутылки и стаканы

Продукт	Диаметр горловины, см
Легкие смазочные масла, керосин, бензины, прозрачные газойли, дизельные топлива, дистилляты	2
Тяжелые смазочные масла, непрозрачные газойли	4
Легкая нефть (вязкостью менее 44 сСт при температуре 37,8 °С)	2
Тяжелая нефть и тяжелые нефтяные топлива	4

ПРОЦЕДУРА

1. *Средняя проба из всех уровней.* Утяжеленную закрытую бутылку или стакан опускают как можно ближе к точке отбора или к точке, находящейся прямо над поверхностью свободной воды либо другого тяжелого компонента. Резким рывком троса выдергивают пробку и с равномерной скоростью поднимают бутылку — так, чтобы при извлечении из жидкости она оказалась заполненной примерно на три четверти. В случае легких продуктов или большой глубины резервуара могут потребоваться бутылка или стакан с горловиной уменьшенного сечения, позволяющие избежать быстрого заполнения. При отборе средней пробы со всех слоев следует иметь в виду, что объем жидкости в резервуаре может изменяться непропорционально глубине, а оператор может не иметь возможности поднимать пробоотборник с переменной скоростью, требуемой для пропорционального

заполнения. В таких случаях проба может не оказаться представительной. Скорость заполнения пропорциональна квадратному корню глубины погружения.

2. *Бегающая проба.* Незакрытую бутылку или стакан опускают как можно ближе к уровню нижней точки сливного патрубка или подвижной линии и поднимают с такой равномерной скоростью, чтобы при извлечении из жидкости бутылка оказалась заполненной примерно на три четверти. В случае легких продуктов или большой глубины резервуара может потребоваться перед погружением бутылки или стакана вставить пробку с отверстием или иным способом уменьшить сечение горловины, чтобы избежать быстрого заполнения.

3. *Верхняя проба, пробы из верхнего, среднего и нижнего слоев и проба с уровня слива.* Утяжеленную закрытую бутылку или стакан опускают на соответствующую глубину отбора пробы (см. рис. 1). Резким рывком троса выдергивают пробку и выжидают заполнения всего объема бутылки или стакана. После предположительного заполнения поднимают бутылку или стакан, сливают небольшой объем жидкости и сразу закрывают контейнер пробкой.

4. *Композитная проба из нескольких резервуаров.* Приготавливают композитную пробу смешиванием частей проб из отдельных резервуаров. Фиксируют объем продукта в каждом резервуаре и пропорционально объему составляют композитную пробу. Композитные пробы неоднородных продуктов (таких как нефть, тяжелые котельные топлива и т. д.) следует составлять в лаборатории или ином месте, где есть возможность приведения отдельных проб в однородное состояние перед отбором их аликвот для составления композитной смеси. Композитные пробы чистых продуктов для удобства обращения и транспортировки составляют в полевых условиях.

5. *Композитная точечная проба.* Приготавливают композитную пробу смешиванием равных частей проб, полученных трехточечным или двухточечным способами.

6. *Точечная проба из среднего слоя.* Эту пробу отбирают оговоренным способом.

7. *Обращение с отобранными пробами.* После отбора проб бутылки сразу закрывают, наклеивают на них бирки и доставляют в лабораторию. На бирках обязательно указывают следующие сведения:

- дату и время отбора;
- наименование пробы;
- тип продукта;
- название судов, автоцистерн или контейнеров, а также их количество и указание их владельца;
- место отбора пробы;
- процедуру и аппаратуру, использованные при отборе пробы;
- тип пробы и цель ее отбора;
- наименование пробоотборника.

При отборе проб летучих продуктов предпочтительнее использовать бутылку с держателем вместо утяжеленного стакана. При переносе пробы из стакана в другой контейнер возможно улетучивание легких фракций.

Ручной отбор проб из трубопроводов

ПРИМЕНЕНИЕ

Процедура ручного отбора из трубопроводов применима в рамках отбора проб жидкостей с давлением паров по Рейду до 101 кПа включительно, а также полужидких продуктов из трубопроводов, наливных линий и линий перекачки.

При сдаточных операциях предпочтительным является метод непрерывного автоматического отбора. При отказе автоматического пробоотборника может потребоваться ручной отбор проб. Пробы, отбираемые вручную, должны быть как можно более представительными.

АППАРАТУРА

Назначение пробоотборного зонда — отбирать из потока жидкости часть, являющуюся представительной для всего потока в целом. На рис. 3 показаны зонды для ручного отбора точечных проб. Эти конструкции включают:

- трубку с закрытым концом и круглым отверстием вблизи конца, которая должна располагаться так, чтобы отверстие находилось в средней трети трубопровода и было направлено против потока (рис. 3, а);
- трубку со штампованным угольником или загибом, помещаемую в средней трети трубопровода и направленную отверстием против потока. Конец зонда должен иметь скос, направленный вовнутрь и образующий острую кромку для захвата входящего потока (рис. 3, б);
- трубку, конец которой располагается в средней трети трубопровода и имеет скос под углом 45° , направленный против потока (рис. 3, в).

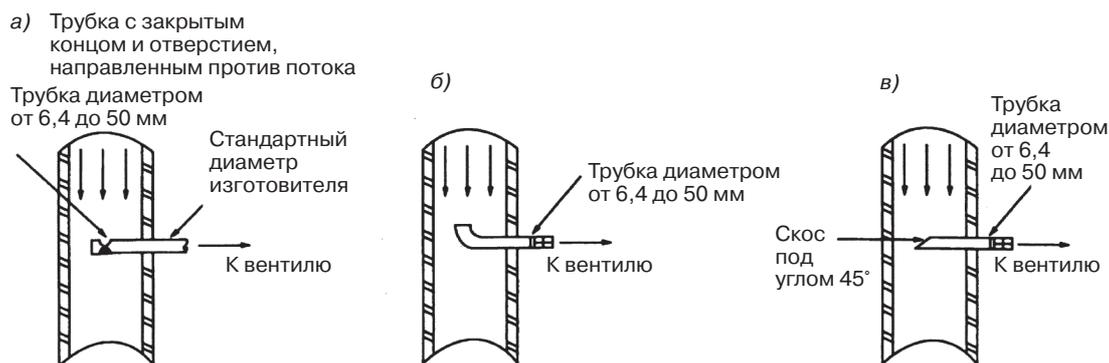


Рис. 3. Зонды для ручного отбора точечных проб

Изображенные на рис. 3 зонды могут быть оборудованы вентилями или кранами. Каждый зонд должен иметь горизонтальное расположение.

Расположение зонда

Поскольку жидкость, пробы которой отбираются, не всегда однородна, место размещения, расположение и размер пробоотборного зонда должны быть такими, чтобы свести к минимуму разделение воды и тяжелых частиц, чревато тем, что их концентрация в отобранной пробе может отличаться от концентрации в основном потоке продукта.

Зонд всегда должен располагаться горизонтально, чтобы предотвратить обратный отток части пробы в основной поток продукта.

Пробоотборный зонд должен размещаться на вертикальном участке трубопровода. Его можно размещать и на горизонтальном участке, если скорость потока достаточно велика для удовлетворительного турбулентного перемешивания. Хотя большая скорость потока может не исключать разности концентраций вблизи нижней и верхней

частей трубы, она способна обеспечить такое усреднение концентрации в средней части сечения, где располагается зонд, что отбираемые пробы будут представительными для всего потока на участке пробоотборной станции. Иногда на участке трубопровода выше зонда необходимо установить устройство, обеспечивающее удовлетворительное перемешивание потока.

Точка отбора проб должна располагаться как можно ближе к месту передачи продукта получателю.

Чем меньше длина пробоотборных линий, тем лучше. Перед отбором проб эти линии следует очистить.

Для контроля скорости отбора проб зонд должен быть оборудован вентилем или краном.

Процедура

Вентиль или кран регулируют таким образом, чтобы из зонда вытекал установившийся поток продукта. По возможности следует добиваться того, чтобы скорость течения жидкости через зонд была примерно равной средней линейной скорости потока в трубопроводе. Скорость отбора проб измеряют и регистрируют в галлонах в час. Струю, вытекающую из пробоотборной трубки, непрерывно или периодически направляют в пробоотборный контейнер, чтобы получить пробу, объем которой достаточен для анализа.

В случае сырой нефти каждый час или через меньшие периоды времени отбирают пробы объемом 0,25 л или больше. По соглашению сторон периодичность отбора и/или объем проб могут быть изменены, чтобы охватить весь объем партии продукта. При постоянной скорости перекачки продукта важно, чтобы объем проб и периодичность их отбора были постоянными. Если скорость основного потока непостоянна, частоту отбора проб следует изменять таким образом, чтобы они отбирались из одинаковых объемов продукта, прошедших через трубопровод. На практике добиться этого бывает трудно.

Пробы нефти или нефтепродукта помещают в закрытый контейнер. Через согласованный промежуток времени их смешивают и из полученной смеси отбирают композитную пробу для анализа. Контейнеры с пробами должны храниться в сухом прохладном месте, защищенном от солнечного света.

В рамках другого варианта пробы можно отбирать через равные промежутки времени и испытывать по отдельности. Результаты отдельных испытаний можно арифметически усреднять, внося поправки на изменения скорости потока в течение согласованного периода времени.

По взаимному соглашению сторон могут учитываться как результаты испытаний композитной пробы, так и усредненные результаты испытаний отдельных проб.

Отбор стержневых проб

ПРИМЕНЕНИЕ

Точечные пробы жидкостей из резервуаров, железнодорожных и автомобильных цистерн, а также судовых и баржевых резервуаров отбирают желонкой стержневого типа. Стержневые пробоотборники широко применяются при отборе проб сырой нефти из резервуаров. Ими можно отбирать пробы с разных уровней, а также донные пробы нетоварной нефти и воды из придонной части резервуара. В некоторых случаях стержневые желонки используют для получения количественной оценки содержания воды на дне резервуара.

АППАРАТУРА

Конструкция желонки должна позволять отбирать пробы с уровня, отстоящего на 1/2 дюйма от днища резервуара. На рис. 4 и 5 показаны два типа желонок. Желонку первого типа опускают в резервуар с открытыми затворами; через них жидкость проходит сквозь контейнер. Когда желонка ударяется о днище резервуара, оба затвора автоматически закрываются, запирая в контейнере донную пробу. Желонка другого типа оборудована выступающим вниз стержнем, который при ударе о днище резервуара автоматически открывает оба затвора. Через нижний затвор в контейнер поступает продукт, а через верхний одновременно вытесняется воздух. При подъеме желонки затворы закрываются.

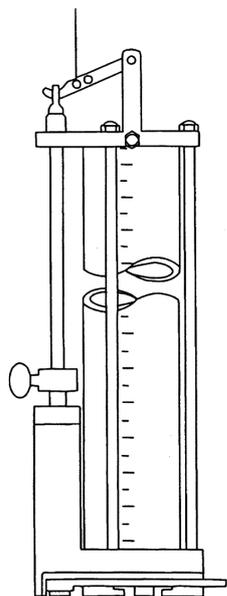


Рис. 4. Пробоотборная желонка стержневого типа

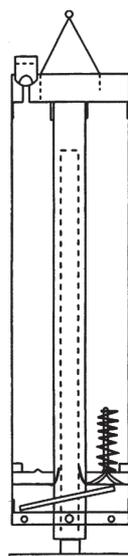
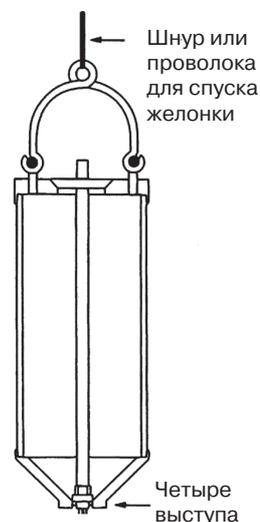


Рис. 5. Закрытая пробоотборная желонка стержневого типа



Для отбора проб сырой нефти должна применяться желонка стержневого типа и постоянного поперечного сечения с перекрываемым донным отверстием и емкостью, зависящей от требуемого объема пробы. Такая желонка аналогична показанной на рис. 4 и может применяться также для отбора проб нефтепродуктов. Конструкция желонки должна позволять опускать ее до требуемого уровня в резервуаре, заполнять ее на этом уровне и поднимать, не допуская изменения первоначального содержимого. Желонка может быть оборудована следующими приспособлениями:

- 1) комплектом удлинительных стержней для отбора проб с уровней, соответствующих высоко расположенным присоединительным линиям, или проб для определения высоко расположенных уровней осевшей воды и осадков;
- 2) желоночным шнуром, разметка которого позволяет отбирать пробы с любой глубины по вертикальному сечению резервуара;
- 3) крюком для подвешивания желонки в пробоотборном люке;
- 4) пробоотборными вентилями для получения проб с заданных уровней.

В качестве контейнеров следует использовать чистые сухие стеклянные бутылки.

Процедура

Чистую сухую желонку опускают через люк автомобильной или железнодорожной цистерны или через пробоотборный люк резервуара до соударения с днищем. После заполнения желонку извлекают и переносят ее содержимое в контейнер для проб. Контейнер сразу же закрывают и наклеивают на него соответствующую бирку.

Пробы нефти или нефтепродуктов должны отбираться согласно следующей процедуре:

1. Отбирают пробу из верхнего слоя. Для этого открытую желонку опускают на уровень около 6 дюймов ниже поверхности жидкости в резервуаре; резким рывком закрывают затворы, поднимают желонку, сливают из нее верхние 2–3 дюйма жидкости и оставшейся жидкостью частично заполняют чистую бутылку.

2. Отбирают донную пробу. Открытую желонку опускают до тех пор, пока ее дно не окажется на одном уровне с нижней точкой сливного патрубка или чуть выше. Затем закрывают затворы, поднимают желонку, сливают из нее верхние две трети жидкости и оставшейся жидкостью частично заполняют вторую чистую бутылку.

3. Если используется закрытая пробоотборная желонка стержневого типа, после отбора пробы нижнее отверстие желонки располагают над горловиной промежуточного контейнера и сливают жидкость. Необходимо выждать достаточное время, чтобы в промежуточный контейнер успели перейти все примеси.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ОТБОР ПРОБ

Общие сведения

Автоматические пробоотборные системы предназначены для отбора представительных проб нефти и нефтепродуктов из потока и их хранения в приемнике. При выборе параметров пробоотборной системы следует уделить особое внимание параметрам процесса отбора проб. Необходимо определить скорость потока через расходомер, общий перекачиваемый объем, а также требуемый объем композитной пробы. После отбора композитной пробы существенно важно следовать всем требованиям процедур смешивания пробы и обращения с ней на месте отбора и при транспортировке. Нет смысла тратить большие средства на отбор представительных проб лишь для того, чтобы эта представительность терялась при перемещении проб и лабораторных исследованиях. Автоматический отбор проб рассматривается в *ASTM D4177* — стандартном руководстве автоматического отбора проб нефти и нефтепродуктов.

Для определения физических и химических свойств нефти и нефтепродуктов существуют различные методы. Для сырой нефти предусматривается как минимум определение содержания осадка и воды, содержания серы и плотности. Результаты испытаний используют в приемо-сдаточных операциях и при установлении цен на продукцию. Пробы исследуемой нефти или нефтепродукта должны быть представительными. Так как автоматические пробоотборные системы всё шире применяют при отборе проб нефтепродуктов, для их правильной эксплуатации могут потребоваться новые процедуры отбора. Заводские пластины при добыче нефти приносят в продукцию нежелательные примеси, что приходится учитывать при отборе проб. Обязательные условия представительности проб для точного определения содержания осадка и воды можно свести к следующим требованиям:

1. Распределение свободной воды в точке отбора проб должно быть пропорциональным.
2. Представительные пробы должны отбираться из всей партии продукта.
3. Для обеспечения однородности пробы и диспергированного состояния свободной воды в нефти следует перемешивать пробы во время их приготовления и работы с ними.
4. Анализ пробы должен выполняться с достаточной степенью точности.

Определения

Автоматическая пробоотборная система состоит из устройства перемешивания потока, автоматического пробоотборника, а также приспособлений и устройств для извлечения, приготовления, переноса и транспортировки проб.

Автоматический пробоотборник применяется для получения представительной пробы из жидкости, текущей по трубе. Он состоит, как правило, из зонда, механизма извлечения пробы (экстрактора), управляемого контроллером, и приемника пробы. Зонд и экстрактор могут быть отдельными узлами пробоотборника или представлять собой единый узел.

Диапазон измерений — размах между минимальной и максимальной величинами расхода, в пределах которого счетчик или расходомер способен работать с допустимой погрешностью. Выражают обычно в виде отношения максимального расхода к минимальному (например, 5:1, 10:1 и т. д.).

Зонд — узел пробоотборника, выступающий внутрь трубопровода.

Изокинетический отбор проб — способ отбора проб, при котором линейная скорость потока через выходное отверстие зонда и линейная скорость потока в трубе в месте отбора проб равны и имеют одинаковое направление.

Контроллер отбора проб — механизм, управляющий работой экстрактора проб пропорционально времени или расходу.

Механизированный смеситель — смеситель, получающий энергию для перемешивания жидкости из внешнего источника.

Минимальная линейная скорость потока в трубопроводе — линейная скорость потока при наименьшем рабочем расходе в трубопроводе, не считая редко (например, в течение перекачки одной десятой части всего объема груза) или кратковременно (менее чем на 5 мин) изменяющиеся величины расхода.

Осадок и вода — посторонние вещества в нефтяной жидкости, требующие отдельных замеров для учета в операциях купли-продажи. В число этих веществ входят свободная, эмульгированная или взвешенная вода и осадок.

Первичный пробоприемник — контейнер, в который первоначально собираются все порции пробы. Пробоприемник может быть стационарным или переносным.

Перемешивание потока — перемешивание содержимого трубопровода выше места отбора проб, необходимое для получения представительных проб.

Петля быстрой циркуляции (или обводная линия) — это линия, отходящая от главного трубопровода, из которой в автоматический пробоотборник поступает представительная часть всего потока.

Подготовка пробы — перемешивание пробы, необходимое для ее подготовки к передаче для анализа.

Порция пробы — объем жидкости, извлекаемый из трубы за одно срабатывание экстрактора проб. Сумма всех порций составляет полную пробу.

Представительная проба. При автоматическом пробоотборе это часть продукта, которая содержит компоненты в тех же пропорциях, что и весь объем. Истинную представительность

пробы установить невозможно, но автоматическая система правильной конструкции обеспечивает отбор наиболее представительных проб, если она смонтирована и эксплуатируется надлежащим образом.

Приготовление и перемешивание проб — получение, подготовка, транспортировка и перенос представительных проб из контейнера в лабораторную посуду.

Проба по сечению потока — одновременный отбор проб в нескольких точках поперечного сечения трубы, позволяющий определить степень расслоения потока в планируемом месте расположения зонда.

Проба, пропорциональная времени, состоит из порций равного объема, отбираемых из трубопровода через равные интервалы времени в течение всей операции перекачки.

Проба, пропорциональная расходу, отбирается из трубопровода в течение всего времени перекачки. Скорость отбора проб в любое время пропорциональна скорости потока жидкости в трубе.

Проверка пробоотборной системы — проверка правильности работы системы автоматического пробоотбора. Приемлемый способ проверки может представлять собой введение в поток перед пробоотборной системой известного количества воды, а также отбор проб, их анализ и соотнесение результатов с количеством введенной воды.

Статический смеситель — смеситель без подвижных частей. Перемешивание осуществляется за счет кинетической энергии движущейся жидкости.

Трубопровод — любой участок трубы, по которой перекачиваются жидкости.

Экстрактор проб служит для захвата порции пробы из трубы или петли быстрой циркуляции.

Расположение зонда автоматического пробоотборника

При выборе системы автоматического пробоотбора необходимо учитывать ряд факторов, касающихся расположения зонда пробоотборника. Зонд должен располагаться в такой точке трубопровода, где поток хорошо перемешивается. Как правило, проба нефти, отбираемая из трубопровода для определения содержания осадка и воды, является представительной лишь в том случае, когда осадок, вода и нефть в трубе достаточно хорошо перемешаны, то есть когда вода равномерно диспергирована и распределена по поперечному сечению трубы.

Приемлемым местом размещения зонда является вертикальный участок трубы с достаточной степенью перемешивания потока. Как показывают результаты испытаний на маловязких сортах нефти, лучше всего размещать зонд на нисходящем отрезке вертикальной секции трубопровода. Это позволяет воспользоваться выгодой от дополнительного перемешивания в угловых секциях. Зонд следует располагать на расстоянии не менее половины диаметра трубы от следующей угловой секции или арматуры на этой секции (рис. 6).

Зонд должен располагаться горизонтально независимо от того, где находится точка отбора.

Наилучшее место отбора — средняя треть поперечного сечения трубопровода.

Минимальные скорости потока

Для пробоотборной системы, установленной на вертикальной секции трубопровода, минимально приемлемая скорость потока составляет 5 футов в секунду, если для перемешивания служат элементы трубопровода.

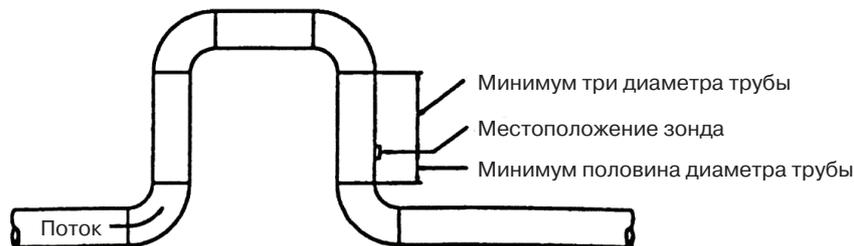


Рис. 6. Расположение зонда пробоотборника (вертикальное)

Системы автоматического отбора проб

Надлежащая система автоматического отбора проб состоит из смесителя потока, расположенного выше точки отбора проб (что необходимо для получения представительных проб), устройства для механического извлечения жидкости из потока (экстрактора), приемника для порций пробы, взятых из потока, и средств контроля объема отбираемой пробы (путем изменения частоты отбора или объема порций).

Существуют два общих типа систем автоматического отбора проб (рис. 7). В первом случае экстрактор и зонд располагаются непосредственно в основной линии; в другой системе экстрактор размещается в петле быстрой циркуляции. Минимально допустимые линейные скорости потока для обеих систем одинаковы.

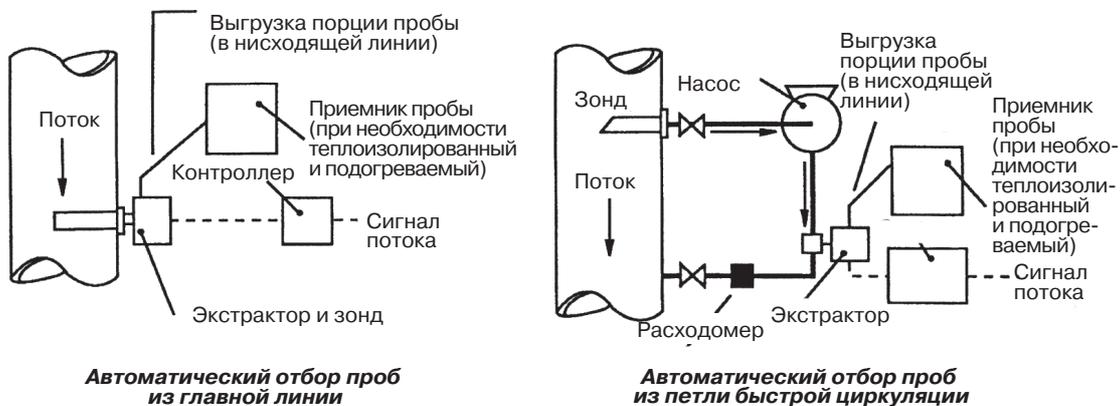


Рис. 7. Типичная система автоматического отбора проб (стрелка не указывает направление трубопровода)

Применение одноместных и многоместных приемников показано на рис. 8.

Экстракторы проб

Экстракторы проб — устройства, предназначенные для механического извлечения порций проб из трубопровода. Операции перегрузки на судовые резервуары и обратно, как и операции перекачки по трубопроводам, могут требовать разной частоты отбора проб.

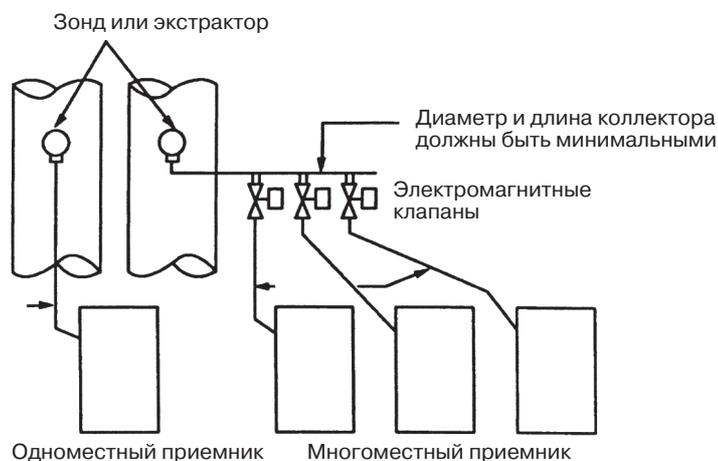


Рис. 8. Одноместный и многосторонний приемники проб. (Стрелки указывают на то, что следует применять трубки возможно меньшей длины и диаметром 6,4 или 9,5 мм, на всём протяжении имеющие уклон по направлению к приемнику проб. В случаях, когда отбираются пробы сырой нефти или не удастся обойтись короткими пробоотборными линиями, следует использовать трубки диаметром 9,5 мм. При необходимости линии отбора проб должны иметь теплоизоляцию или обогреваться.)

Частота отбора проб

Частоту отбора проб можно выразить различными способами, например:

- 1) в порциях пробы на единицу объема (порция на баррель, порция на галлон или порция на кубометр);
- 2) порциях пробы на единицу времени (порция за минуту, порция за полминуты, 900 порций за час, 10 000 порций за сутки);
- 3) достаточном объеме проб (4, 20 или 40 л проб на груз, на весь объем поставки, за сутки или за неделю);
- 4) длине или объеме трубопровода, на которые приходится отбор одной порции (в частности, в операциях перегрузки на судовые резервуары и обратно и в операциях перекачки по трубопроводам больших объемов продукции).

Частота отбора проб определяется исходя из требуемого объема проб на груз, на весь объем поставки, за сутки, за неделю или за какой-либо другой отрезок времени. Ее можно выразить в виде числа порций на перекачанный объем, числа порций за единицу времени или числа порций на единицу длины трубопровода.

Частоту отбора проб при операциях перекачки потребителю по закрытой системе (*LACT*) и других операциях перекачки небольших объемов обычно выражают в числе порций на перекачанный объем или за единицу времени.

Частота отбора проб при операциях перекачки по трубопроводам больших объемов продукции

Задача отбора проб при операциях перекачки по трубопроводам больших объемов продукции обычно стоит менее остро, чем при операциях перегрузки на судовые резервуары и обратно. Это объясняется как большим числом пиков содержания осадка и воды на партию груза, так и большей длительностью этих пиков.

В типичных случаях при обработке судовых грузов отбирается одна порция пробы на 80 линейных футов емкости трубопровода. При трубопроводных операциях приемлемым считается отбор одной порции на 320 футов емкости трубопровода, если пробоотборник расположен вблизи поставляющих резервуаров (худший случай), и одной порции на 800 футов емкости трубопровода для пробоотборников, расположенных на достаточном удалении от поставляющих резервуаров. При осложненных условиях эксплуатации трубопроводов (например, при перекачке продукции из поставляющих резервуаров с слоистой продукцией) частоту отбора проб следует увеличить.

Пример расчета частоты отбора проб в трубопроводных операциях

Дано:

Скорость потока, тыс. баррелей за час	5
Длительность периода отбора проб, суток на партию	30
Объем партии, млн баррелей	3,6
Диаметр D трубопровода, дюймов	16
Максимальная частота работы пробоотборника R_{\max} , порций за час	900
Объем порции, мл	1,5
Длина трубопровода, приходящаяся на отбор одной порции	320

Расчет

1. Минимальная частота отбора проб в баррелях на порцию

$$Ч_{\min} = 0,00097D^2 \times LFV,$$

где $0,00097 \times D^2$ — объем в баррелях 1 фута трубы, имеющей диаметр D дюймов; LFV — длина трубопровода, приходящаяся на отбор одной порции (дана равной 320).

Итак,

$$Ч_{\min} = 0,00097(16)^2 \cdot 320 = 79,46 \text{ баррелей на порцию.}$$

2. Число порций на весь объем партии груза:

$$\begin{aligned} \text{Число порций} &= \text{Объем партии (задан)} / \text{Минимальная частота отбора (см. шаг 1)} = \\ &= 3\,600\,000 / 79 = 45\,570 \text{ порций.} \end{aligned}$$

3. Суммарный объем проб в галлонах на всю партию груза рассчитывается так:

$$\text{Суммарный объем проб} = (\text{Число порций на весь объем партии груза} \times \text{Объем порции}) / 3785 \text{ мл на галлон.}$$

Получаем:

$$\text{Суммарный объем проб} = (45\,570 \cdot 1,5) / 3785 = 18,05 \text{ галлонов.}$$

4. Фактическая скорость работы пробоотборника, порций за час:

$$\begin{aligned} \text{Скорость работы пробоотборника} &= \text{Число порций на весь объем партии груза (шаг 2)} / \\ &/ \text{Длительность периода отбора проб (дана)} = \\ &= 45\,570 / (30(24 \text{ часа в сутки})) = 62,93 \text{ порции в час.} \end{aligned}$$

Проверка

Максимально допустимая частота работы пробоотборника 900 порций за час не превышена.

Конструктивные факторы

ПРОБООТБОРНЫЙ ЗОНД

Пробоотборник должен быть пропорционального типа и управляться от расходомера. Зонд располагается на нисходящем вертикальном участке трубопровода на расстоянии

не менее трех диаметров трубы от ближайших изгибов или угловых секций. Он устанавливается в горизонтальном положении; точка отбора располагается в центральной части трубы, а пробоприемное отверстие направляется навстречу потоку. Зонд должен располагаться как можно ближе к пробоприемному контейнеру. Типичные пробоотборные зонды схематически показаны на рис. 9.

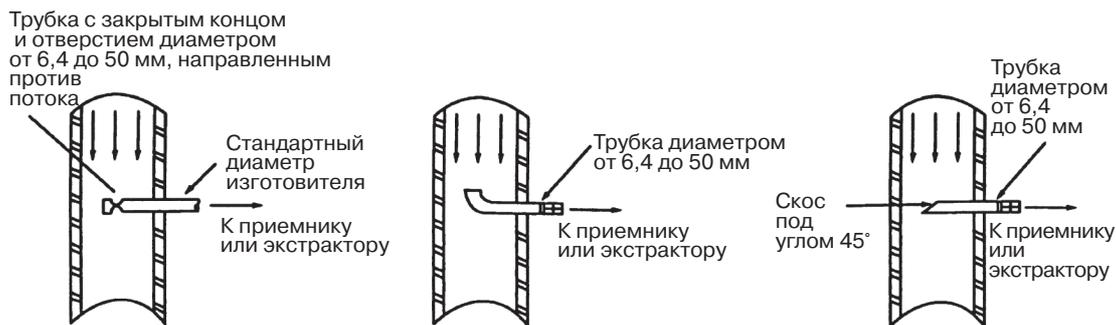


Рис. 9. Типичные пробоотборные зонды

УПРАВЛЕНИЕ ПРОБООТБОРНИКОМ

Частоту отбора проб задает расходомер пропорционально потоку.

ПРОБООТБОРНЫЕ ЛИНИИ

Пробоотборные линии должны быть как можно более короткими и на всем протяжении иметь уклон от пробоотборного зонда к пробоприемнику или контейнеру. Они подсоединяются к контейнеру через ниппель, выступающий внутрь контейнера не менее чем на 1 дюйм. Пробоотборные линии должны представлять собой металлические трубки с минимальным внутренним диаметром 3/8 дюйма.

ПРОБОПРИЕМНЫЙ КОНТЕЙНЕР

Емкость пробоприемного контейнера составляет от 5 до 15 галлонов. Контейнер должен обеспечивать удержание проб под давлением, достаточным для предотвращения испарения, и включать в себя внутреннее пластиковое или эпоксидное покрытие с уклоном на всем протяжении в сторону сливного отверстия для облегчения перемешивания и переноса содержимого. Контейнер должен иметь приспособления для удобства переноса его содержимого. Выше был показан пример отбора проб в течение 30 сут для партии объемом 3,6 млн баррелей. Для крупных партий товара длительность отбора проб обычно бывает меньше.

Приемник или контейнер могут быть как стационарными, так и переносными. Следует отметить, что современный морской транспорт для нефти и нефтепродуктов, а также трубопроводный транспорт активно переходит на переносные контейнеры. Переносной контейнер позволяет сохранить целостность пробы при ее доставке в лабораторию. Всякий перенос пробы из одного контейнера в другой может вызвать ухудшение его качеств, важных для анализа. Поэтому необходимо свести к минимуму количество таких переносов.

СМЕСИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Конструкция смесительного аппарата должна исключать возможность накопления осадка и воды в нижних точках. Для удовлетворительного перемешивания обычно бывает

достаточно замещения объема пробы за одну-две минуты. Для перемешивания потока зачастую используют такие устройства, как статические смесители и расходомерные диафрагмы. Правильность работы системы проверяется путем испытаний.

ОТКАЧКА ПРОБ

Контейнер для проб должен иметь систему откачки, обеспечивающую полное удаление пробы из контейнера.

ОТБОР ПРОБ ИЗ ОБВОДНОЙ ЛИНИИ

Отбором из обводной линии называется процедура, при которой из основного потока отводится небольшой объем, откуда отбирают пробы. Скорости потока в основной и обводной линиях должны быть равными.

СТАТИЧЕСКИЕ ЗАМЕРЫ

Общие сведения

Понятие «статических замеров» включает в себя несколько процессов, целью которых является определение количества и качества продукта в резервуаре. В их число входят:

- измерение вместимости резервуара;
- измерение уровня продукта в резервуаре;
- определение температуры;
- отбор проб;
- определение плотности;
- определение содержания осадка и воды;
- расчет объема нефти.

Отбор проб — ключевой момент процесса определения качества и количества продукта. Плотность (удельный вес в градусах *API* или относительный удельный вес) и содержание осадка и воды — показатели, чаще всего используемые при передаче продукта потребителю и свидетельствующие о качестве нефти. Для пересчета объема нефтепродуктов к общепринятым условиям (15, 20 °C или 60 °F) необходимо точно определить их температуру и плотность. Поэтому процесс ручного отбора проб имеет большое значение в контексте определения количества и качества продукта. Ниже рассматривается методология статических измерений, важная с точки зрения качества и количества продукта в приемо-сдаточных операциях.

Определения

Градуировка резервуара — общепотребительный термин, относящийся к процессу измерений и используемый для составления таблиц объема жидкости в резервуаре при известном значении глубины или уровня.

Коэффициенты приращения вместимости резервуара — коэффициенты, применяемые для составления таблиц емкости резервуара в сжатой форме для расчетов на компьютере.

Мерная лента с грузилом — лента с делениями в футах, дюймах и долях дюйма или в соответствующих метрических единицах длины с грузилом, вершина которого имеет нулевую отметку.

Мерная лента с грузилом (для определения объема пустой части резервуара) — лента с делениями в футах, дюймах и долях дюйма или в соответствующих метрических единицах длины с грузилом, вершина которого имеет нулевую отметку.

Поправка на плавающую крышу — поправка, компенсирующая объем, вытесняемый плавающей крышей.

Таблица значений емкости резервуара — таблица величин емкости резервуара, составленная на основании замеров относительно условной точки.

Тарировочная высота — расстояние по вертикали между нулевой (тарировочной) точкой на замерном люке и противоположной точкой на днище резервуара; величина этого расстояния должна быть указана на крыше резервуара.

Тарировочная точка — точка на замерном люке, относительно которой производятся измерения.

Сокращения¹

CSW — поправка на осадок и воду.

CTSh — поправка на температуру стенки: коэффициент, учитывающий влияние температуры окружающего воздуха и самой жидкости на величину емкости резервуара.

GOV — валовой наблюдаемый объем: суммарный объем нефтяной жидкости, включая осадок и воду (за исключением свободной воды) при наблюдаемых значениях температуры и давления.

GSV — валовой стандартный объем: суммарный объем нефтяной жидкости, включая осадок и воду (за исключением свободной воды) с поправкой на температуру жидкости, приведенной к стандартным условиям (например, к 60 °F).

NSV — чистый стандартный объем: суммарный объем нефтяной жидкости, исключая осадок и воду, а также свободную воду, с поправкой на температуру и плотность жидкости, приведенную к стандартным условиям (например, к 60 °F).

TOV — общий измеренный объем: суммарный объем нефтяной жидкости при наблюдаемых значениях температуры, включая весь осадок и воду, включая свободную воду, взятый из таблицы емкости резервуара до внесения каких-либо поправок.

VCF — коэффициент поправки объема: то же самое, что *CTL*. (Оба символа взаимозаменяемы.) Учитывает влияние температуры жидкости на ее объем. Применяется для приведения объема жидкости к стандартной температуре.

Расчет объема нефти

Существует стандартный метод расчета объемов нефти и нефтяных жидкостей, хранимых в условиях окружающей среды в вертикальных цилиндрических резервуарах или морских судах. Этот метод представляет собой единообразный подход к измерениям объемов (с помощью формул, методик расчета, правил округления и уровней приближения), дающий одинаковые результаты при одинаковых входных данных. Основной идеей процесса вычислений является тот факт, что любой из сторон для получения одного и того же объема необходимо принимать во внимание следующую базовую информацию:

¹ В переводе даны развернуто. — *Примеч. отв. ред.*

- таблицу вместимости резервуара;
- уровень жидкости (показания уровнемера);
- температуры жидкости и окружающей среды;
- объем свободной воды (следует считать постоянным при открытии и закрытии резервуара);
- поправку на температуру стенок резервуара;
- поправку на плавающую крышу (при необходимости);
- содержание осадка и воды.

Метод расчета довольно строг, поэтому недостаточная представительность данных для всего объема жидкости может привести к тому, что результаты вычисления объема окажутся неверными. Большую часть данных для расчета обеспечивает процесс отбора проб. Именно для получения правильного заключения о количестве и качестве продукта необходимо строго соблюдать все правила этого процесса.

Калибровка резервуара

Точные замеры весьма важны для определения объема и составления таблиц емкости резервуаров в приеме-сдаточных операциях при измерении запасов продукции. Для получения данных, необходимых для расчетов емкости резервуаров или составления таблиц их вместимости, применяется звуковая техника. Для точного расчета емкости резервуаров необходимо знать плотность содержимого, а также температуру жидкости и окружающего воздуха. Дополнительные сведения о калибровке резервуаров можно найти в главе 2 «Калибровка резервуаров» Руководства *API* по стандартам в области замеров нефтяной продукции.

Измерение уровня жидкости в резервуаре

Ручное измерение — процесс определения уровня нефти или нефтепродуктов в наземных или судовых резервуарах, находящихся под атмосферным давлением. Этот процесс может применяться и для определения уровня свободной воды в резервуаре с нефтью или нефтепродуктами. Результаты замеров уровней нефти и нефтепродуктов, наряду с таблицами вместимости или приращения вместимости резервуаров, используют для определения общего измеренного объема (*TOV*) нефти или нефтепродуктов, содержащихся в резервуаре. Затем по значению *TOV*, применяя различные поправки, рассчитывают валовой и чистый стандартные объемы. Существуют два основных способа замера: заполненного пространства и свободного пространства. При замере заполненного пространства определяют расстояние по вертикали от мерной пластины или днища резервуара до поверхности жидкости. При замере свободного пространства, наоборот, определяют расстояние по вертикали от поверхности жидкости до тарировочной точки. Это — косвенный способ определения уровня жидкости в наземном или судовом резервуаре. Оба этих замера осуществляются с помощью мерной ленты с грузилом. Все замерные приспособления должны быть зарегистрированы в Национальном институте стандартов (*NIST*).

Дополнительные сведения об измерении уровня жидкости в резервуарах можно найти в главе 3 «Измерение уровня жидкости в резервуарах» Руководства *API* по стандартам в области замеров нефтяной продукции.

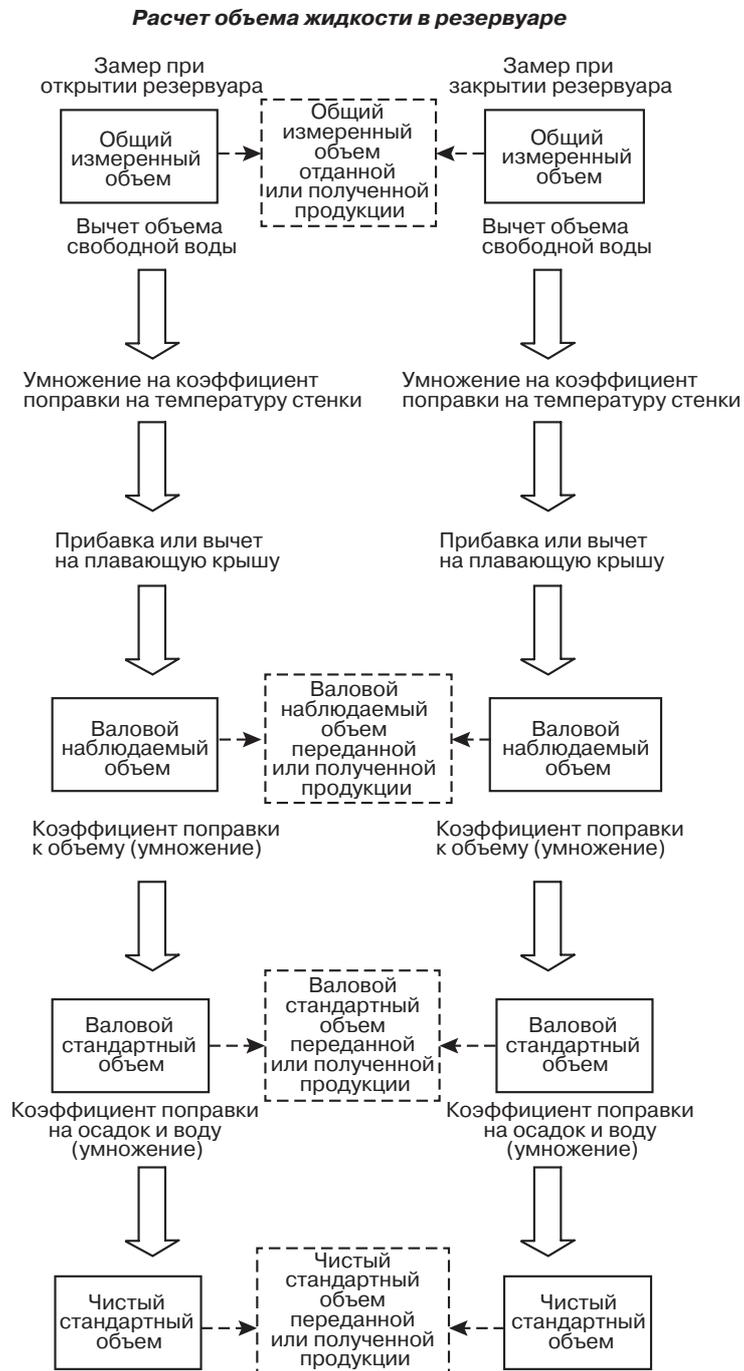


Рис. 10. Типовая схема расчета результатов статического замера

Определение температуры

На результаты измерений количества жидкости в приемо-сдаточных операциях при определении запасов продукции больше всего влияет фактор температуры. Для приведения объема жидкости к стандартным условиям необходимо знать ее среднюю температуру. Хотя для измерения температуры содержимого резервуара вручную отбирать пробу необязательно, снятие показаний термометра, погружаемого на различные глубины (как и автоматического резервуарного термометра), можно назвать процессом получения температурной пробы. Можно снять несколько показаний температуры на различных уровнях и затем, усреднив их, определить среднюю температуру жидкости в сосуде; требуемое число данных зависит от уровня жидкости и емкости резервуара. По средней температуре и плотности продукта можно привести его объем к стандартным условиям. Дополнительные сведения об измерении температуры жидкости доступны в главе 7 «Измерение температуры» Руководства *API* по стандартам в области замеров нефтяной продукции. Схема расчета результатов статистического замера, а также измерений объемов заполненного и свободного пространств представлена на рис. 10, 11.

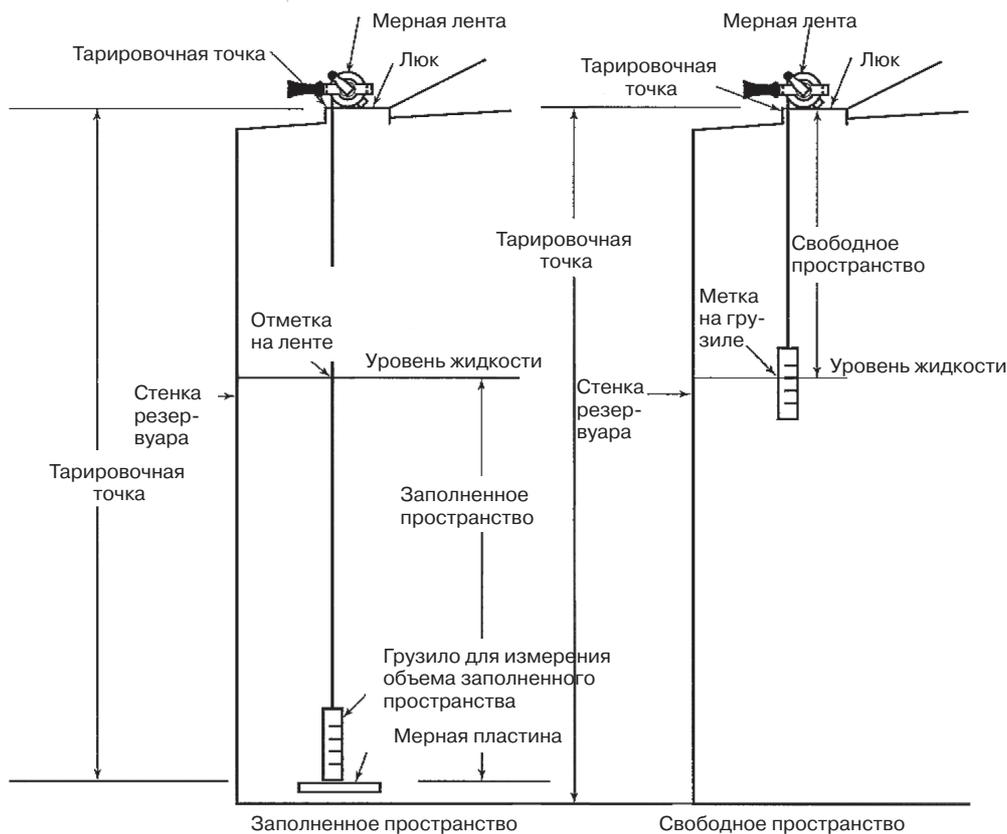


Рис. 11. Схема измерения объемов заполненного и свободного пространств

Отбор проб

Если в процессе проектирования оборудования, а также его монтажа и эксплуатации не допускалось ошибок, то автоматический отбор проб более предпочтителен, чем ручной. Однако автоматический отбор не всегда удается использовать при определении химических и физических свойств продукта в наземных и судовых резервуарах, поэтому для установления соответствия коммерческим и нормативным требованиям, а также приведения объема продукта к стандартным условиям зачастую приходится применять методы ручного отбора проб. В разделе «Ручной отбор проб» (см. начало главы 10) уже рассматривались различные методы и оборудование для получения проб, которые можно считать представительными. При отборе и подготовке проб следует проявлять внимательность, чтобы свойства отобранных образцов жидкости не изменились до того, как они будут переданы на анализ.

Определение плотности

Для пересчета измеренных объемов нефти и нефтепродуктов к стандартным условиям необходимо точно определить их плотность. Для промысловых условий более удобен ареометр с термометром, соединяющий в себе два устройства; тем не менее, существует несколько других способов измерения плотности продукции. Для измерения плотности ареометр с термометром опускают в гидрометрический цилиндр или пробоотборник и выжидают выравнивания температур. Затем считывают показания по делению шкалы, наиболее близкому к горизонтальной поверхности жидкости. Используя таблицы замера объемов нефти, по полученным величинам плотности и температуры определяют плотность, приведенную к стандартным условиям. Исходя из приведенной плотности и средней температуры резервуара рассчитывают коэффициент поправки объема (VCF), необходимый для пересчета валового наблюдаемого объема в валовой стандартный.

Определение содержания осадка и воды

Нефть и нефтепродукты зачастую содержат осадок и воду, поэтому безошибочное определение их количества необходимо для точного расчета объема продукции. Существует множество способов определения количества как осадка, так и воды, но есть лишь один метод одновременного измерения их содержания — центрифугирование. Определенное количество нефти, растворителя и (при необходимости) деэмульгатора помещают в центрифужную пробирку и подогревают до температуры не менее 140 °F. После центрифугирования образца по делениям в нижней части пробирки определяют количество осадка и воды. По пробам, отобранным из наземного или судового резервуара, находят количество взвешенных осадка и воды, не осевших на дно. Если резервуар не оборудован устройством для перемешивания содержимого, количество взвешенных осадка и воды очень трудно точно определить. Процент содержания осадка и воды вносят непосредственно в формулы для расчета валового стандартного объема, исходя из которого определяют чистый стандартный объем при приемо-сдаточных операциях.

Применимые стандарты *ASTM*, *API* и *ISO*

Код <i>ASTM</i>	Код <i>API</i>	Код <i>ISO</i>	Наименование
D4057			Руководство по ручному отбору проб нефти и нефтепродуктов
D4177			Руководство по автоматическому отбору проб нефти и нефтепродуктов
D5854			Руководство по подготовке жидких проб нефти и нефтепродуктов
D5842			Руководство по отбору и подготовке проб топлива для измерений летучести
D4306			Руководство по отбору проб авиационного топлива для определения содержания следовых примесей
D6822			Метод определения плотности, относительной плотности (удельного веса) или плотности в градусах по шкале <i>API</i> нефти и жидких нефтепродуктов с помощью ареометра с термометром
	<i>MPMS 2</i>		Калибровка резервуаров
	<i>MPMS 3</i>		Проведение замеров в резервуарах
	<i>MPMS 7</i>		Определение температуры
	<i>MPMS 8.1</i>		Руководство по ручному отбору проб нефти и нефтепродуктов
	<i>MPMS 8.2</i>		Руководство по автоматическому отбору проб нефти и нефтепродуктов
	<i>MPMS 8.3</i>		Руководство по подготовке жидких проб нефти и нефтепродуктов
	<i>MPMS 8.4</i>		Руководство по отбору и подготовке проб топлива для измерения летучести
	<i>MPMS 9</i>		Определение плотности нефти и нефтепродуктов
	<i>MPMS 10</i>		Определение содержания осадка и воды в нефти и нефтепродуктах
	<i>MPMS 12</i>		Расчет объемов нефти и нефтепродуктов
		<i>ISO 3170</i>	Нефтепродукты и жидкие углеводороды: ручной отбор проб
		<i>ISO 3171</i>	Нефть и жидкие нефтепродукты: автоматический отбор проб