

ЗАПРАВОЧНО- НЕЙТРАЛИЗАЦИОННАЯ СТАНЦИЯ. РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов
по университетскому политехническому образованию
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных
заведений, обучающихся по направлению подготовки
дипломированных специалистов 652600 «Ракетостроение
и космонавтика», специальности 131300 «Стартовые
и технические комплексы ракет и космических аппаратов»*

Москва
Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана
2006

Рецензенты: *А.Г. Катков, В.Ф. Хлыбов*

3-33

Заправочно-нейтрализационная станция. Разработка и эксплуатация: Учеб. пособие / О.Е. Денисов, Р.Н. Кузнецов, О.П. Матвеева, Н.А. Морозов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 240 с.: ил.

ISBN 5-7038-2876-7

Рассмотрены вопросы разработки и эксплуатации заправочно-нейтрализационной станции (ЗНС), а также методические подходы и примеры конструкторских расчетов основных элементов ЗНС и характеристик выполняемых с ее применением технологических операций, а также математические модели для определения эксплуатационных характеристик оборудования ЗНС.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению «Ракетостроение и космонавтика» по специальности «Стартовые и технические комплексы ракет и космических аппаратов».

Ил. 51. Табл. 32. Библиогр. 23 назв.

**УДК 621.396(075.8)
ББК 38.762.3**

Учебное издание

**Олег Евгеньевич Денисов
Роберт Николаевич Кузнецов
Ольга Петровна Матвеева
Николай Александрович Морозов**

**ЗАПРАВОЧНО-НЕЙТРАЛИЗАЦИОННАЯ СТАНЦИЯ.
РАЗРАБОТКА И ЭКСПЛУАТАЦИЯ**

Редактор *О.М. Королева*
Корректор *Г.С. Беляева*
Компьютерная верстка *В.И. Товстоног*

Подписано в печать 22.06.2006. Формат 60×84/16. Бумага офсетная.
Печ. л. 15,0. Усл. печ. л. 13,95. Уч.-изд. л. 13,25.
Тираж 100 экз. Заказ

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.
105005, Москва, 2-я Бауманская, 5.

ISBN 5-7038-2876-7

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

«Г»	—	горючее
ГСЧ	—	генератор случайных чисел
ДУ	—	двигательная установка
ЗИП	—	запасные части, инструменты и принадлежности
ЗНС	—	заправочно-нейтрализационная станция
ИМ	—	имитационная модель
КА	—	космический аппарат
КИ	—	комплектующие изделия
КРА	—	корреляционно-регрессионный анализ
КРТ	—	компоненты ракетного топлива
КС	—	космическая станция
МЗНС	—	многоцелевая заправочно-нейтрализационная станция
МИК	—	монтажно-испытательный корпус
МКС	—	международная космическая станция
МНК	—	метод наименьших квадратов
МТКС	—	многоразовая транспортно-космическая система
НПО	—	научно-производственное объединение
НТО	—	наземное технологическое оборудование
«О»	—	окислитель
ОК	—	орбитальный корабль
ОПН	—	обобщенный показатель надежности
ОЭХ	—	основные эксплуатационные характеристики
ПАЦ	—	подвижная автоцистерна
ПГС	—	пневмогидросхема
ПДК	—	предельно допустимая концентрация
ПЗС	—	подвижная заправочная станция
ПКГ	—	прибор контроля газосодержания

ПКГ МК — прибор контроля газосодержания малых концентраций

ПН — показатель надежности

ППП — пакет прикладных программ

ПФ — проверка на функционирование

РБ — разгонный блок

РКК — ракетно-космический комплекс

РН — ракета-носитель

СГ — сжатые газы

СДУ — система дистанционного управления

СЖГ — система сжатых газов

СЗГ — система заправки горючим

СЗО — система заправки окислителем

СК — стартовый комплекс

СМО — система массового обслуживания

СОЗ — система ориентации и запуска

СП — случайный процесс

ССН — структурная схема надежности

ТА — теплообменный аппарат

ТДУ — тормозная двигательная установка

ТЗ — техническое задание

ТЗА — транспортно-заправочный агрегат

ТЗК — транспортно-заправочный контейнер

ТЗП — технологическая заправочная площадка

ТК — технический комплекс

ТО — техническое обслуживание регламентное

ТП — техническая позиция

ТПК — транспортно-пусковой контейнер

ТУ — технические условия

ТЦ — технологическая цепочка

ШБ — шаробаллон

ЭД — эксплуатационная документация

ЭПК — электропневмоклапан

ЭХ — эксплуатационная характеристика

ЭХГ — электрохимический генератор

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее учебное пособие состоит из пяти разделов и приложения и предназначено для изучения студентами старших курсов состава оборудования ЗНС, являющихся сложными подсистемами РКК. Заправочно-нейтрализационные станции обеспечивают выполнение целого комплекса работ с изделиями (РБ и КА) на ТП по их заправке различными высококипящими компонентами жидких топлив и СГ (разд. 1, 2), которые принято называть еще продуктами.

В состав ЗНС помимо технологического оборудования входят технические системы, системы связи, инженерные сети, сооружения, общее представление о которых можно получить из разд. 3. Особенности создания, эксплуатации, перспективы развития и пути совершенствования станций рассмотрены в разд. 4.

Вопросам разработки оборудования ЗНС посвящен разд. 5.

Большой вклад в разработку и эксплуатацию ЗНС сделан Генеральным конструктором и Генеральным директором ФГУП КБ транспортно-химического машиностроения д-ром техн. наук, профессором М.И. Степановым.

Авторы выражают благодарность за помощь в подготовке рукописи учебного пособия сотрудникам ФГУП КБ транспортно-химического машиностроения — участникам создания ЗНС В.С. Белых, Т.Д. Скавронской, Н.И. Требухину, а также профессору кафедры «Стартовые ракетные комплексы» МГТУ им. Н.Э. Баумана В.В. Чугункову, студенту Д.А. Самойлову и другим студентам.

1. НАЗНАЧЕНИЕ, СТРУКТУРА ЗАПРАВочно-НЕЙТРАЛИЗАЦИОННОЙ СТАНЦИИ И ВЗАИМОСВЯЗЬ РАБОТЫ ЕЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ И РАЗГОННЫМИ БЛОКАМИ

ЗНС предназначена для проведения следующих работ: заправка отечественных и зарубежных КА, а также РБ различными КРТ и СГ на всех этапах эксплуатации станции на требуемом техническом уровне; слив КРТ и сброс СГ из ДУ изделий (КА и РБ); нейтрализация баков ДУ изделий после слива КРТ.

1.1. Структура заправочно-нейтрализационной станции

ЗНС имеет следующий типовой состав систем и сооружений: технологические системы, выполняющие основное назначение станции;

строительные сооружения, а также инженерные коммуникации: подземные и наземные (включая железнодорожные, автомобильные, пешеходные пути и периметр ограждения станции);

технические системы, обеспечивающие работу технологических систем, а также создающие безопасные и санитарно-гигиенические условия для обслуживающего персонала станции.

В зависимости от конкретной проектной реализации станции состав технологических и технических систем и сооружений может различаться.

Рассмотрим структуру ЗНС, реализованную в станции типа ЗНС-12 (проектное название – заправочная станция).

Технологические системы станции ЗНС-12 включают в себя:

- заправочные системы для различных КРТ, которые используются непосредственно при выполнении технологических операций по заправке (сливу) баков ДУ;
- системы, обеспечивающие комплекс работ технологического цикла подготовки КРТ к заправке и заправку ДУ (системы сбора и нейтрализации промстоков, агрегаты сжигания паров и промстоков КРТ и др.);
- системы, обеспечивающие безопасность проведения работ на станции (системы контроля концентрации паров КРТ в воздухе производственных помещений, система пожаротушения).

Строительные сооружения предназначены для размещения оборудования технологических и технических систем ЗНС.

Так, для станции ЗНС-12 используются следующие строительные сооружения (рис. 1):

- заправочный корпус, где производятся работы с КА и РБ, (рис. 2, 3);
- хранилища окислителя и горючего;
- вентиляционный корпус, где размещено оборудование приточной системы вентиляции для заправочного корпуса;
- корпус термостатирования, предназначенный для размещения оборудования термостатирования КРТ в рабочих емкостях хранилищ и емкостях технологических заправочных систем в заправочном корпусе;
- сооружения сбора промстоков окислителя и горючего, которые образуются при проведении технологических операций по нейтрализации заправочного оборудования, нейтрализации баков КА (РБ) после слива из них КРТ, смыва несанкционированных проливов КРТ;
- площадки для размещения агрегатов нейтрализации паров и промстоков окислителя и горючего с электроколонками и колонками связи;
- сооружения системы оборотного водоснабжения, обеспечивающей технической и охлажденной водой работу технологических и технических систем (компрессоров, вакуумных установок, кондиционеров и т. д.);

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список принятых сокращений	3
Предисловие	5
1. Назначение, структура заправочно-нейтрализационной станции и взаимосвязь работы ее технологического оборудования с космическими аппаратами и разгонными блоками	6
1.1. Структура заправочно-нейтрализационной станции	6
1.2. Конструктивные особенности баков двигательных установок космических аппаратов и разгонных блоков	14
1.3. Компоненты ракетного топлива и особенности их подготовки перед заправкой космических аппаратов и разгонных блоков	15
1.4. Конструктивные и организационно-технические мероприятия по обеспечению надежности и безопасности работы оборудования заправочно-нейтрализационной станции при эксплуатации	18
2. Технологическое оборудование заправочно-нейтрализационной станции	21
2.1. Оборудование для приема, хранения и подготовки компонентов ракетных топлив	23
2.2. Оборудование для приема, хранения и выдачи сжатых газов	29
2.3. Оборудование для термостатирования компонентов ракетных топлив	31
2.4. Вакуумное оборудование	31
2.5. Оборудование для заправки компонентов ракетных типов ...	32
2.6. Оборудование для сбора промстоков и нейтрализации паров и промстоков, нейтрализации заправочного оборудования	41
2.7. Технологическая система пожаротушения	43
2.8. Системы газового контроля паров компонентов ракетных топлив в воздухе производственных помещений	44
2.9. Оборудование системы дистанционного управления	47
2.10. Оборудование системы спецтоков	49

3. Технические системы заправочно-нейтрализационной станции и инженерные сети	51
3.1. Оборудование системы электроснабжения	51
3.2. Оборудование систем отопления, фильтровентиляции и кондиционирования	52
3.3. Оборудование системы аварийной вентиляции	54
3.4. Оборудование системы пожарной сигнализации и средства противопожарной защиты	54
3.5. Оборудование водоснабжения, санитарно-гигиенической обработки, канализации	55
3.6. Оборудование систем связи, теленаблюдения	56
3.7. Грузоподъемное оборудование, условия транспортирования изделий в залах станции	57
3.8. Строительные сооружения и требования к ним	57
4. Пути развития заправочно-нейтрализационных станций	59
5. Методические подходы, математические модели и примеры конструкторских расчетов элементов технологического оборудования заправочно-нейтрализационной станции, характеристик технологических операций и эксплуатационных характеристик систем	73
5.1. Расчет объемов заправочной и сливной емкостей	74
5.2. Расчет емкости на прочность при ее конструировании	75
5.3. Расчет запасов сжатых газов для обеспечения выполнения технологических операций заправочной системой	90
5.4. Расчет скорости естественного охлаждения и нагрева компонентов ракетных топлив при проектировании емкости	96
5.5. Конструкторский расчет змеевикового теплообменника	109
5.6. Примеры гидравлических расчетов систем заправки	118
5.7. Метрологическая модель процесса заправки и дозирования	142
5.8. Расчет надежности технологического оборудования заправочно-нейтрализационной станции при проектировании	148
5.9. Методический подход к определению оптимальных значений основных эксплуатационных характеристик систем	158
5.10. Построение математической модели процесса эксплуатации систем с использованием марковских случайных процессов	163
5.11. Математические модели процессов эксплуатации систем для определения специальных показателей надежности	175
5.12. Построение математической модели процесса эксплуатации систем с использованием теории массового обслуживания	183
5.13. Порядок использования корреляционно-регрессионного анализа при определении критериев эффективности систем	191

5.14. Порядок построения имитационных моделей для определения критериев эффективности систем	212
Приложение	227
Список рекомендуемой литературы	236