

# **РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАГОНОВ**

Ташкент - 2008

**ГАЖК «□□□□□□□□□□ □□□□□ □□□□□□□□»**  
**Ташкентский институт инженеров**  
**железнодорожного транспорта**

## **РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВАГОНОВ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО  
ПРОЕКТА**

для подготовки бакалавров  
по специальности 5521100 - «Наземные транспортные системы»

**Ташкент – 2008**

УДК 629.43/46(075)

Методические указания к выполнению курсового проекта предназначены для подготовки бакалавров по специальности 5521100-«Наземные транспортные системы».

В методических указаниях приведены варианты индивидуальных заданий, описана структура и содержание курсового проекта, приведены справочные данные о массах и размерах существующих узлов и деталей вагонов, находящихся в эксплуатации, а также даны рекомендации по выполнению курсового проекта и порядке выполнения расчетов и использованию современной компьютерной техники.

Методические указания могут быть полезны инженерам и специалистам в области проектирования вагонов.

Рекомендованы к изданию решением Учебно-методической комиссии Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта.

Составитель к.т.н., доцент кафедры «Вагоны» С.А. Хромов.

Рецензенты: к.т.н., доцент ТАДИ Д.И. Хашимов;

к.т.н., доцент кафедры «Городской и промышленный электрический транспорт» ТашИИТа  
В.П. Связев.

## Содержание

Введение	5
1. Содержание курсового проекта	5
2. Порядок проектирования	6
3. Варианты заданий на курсовой проект	8
4. Структура пояснительной записки	12
5. Методические указания к выполнению курсового проекта	12
5.1. Определение технико-экономических параметров вагонов	12
5.2. Вписывание вагона в габарит	16
6. Расчет оси колесной пары	24
Список литературы	26

## **Введение**

Перед железнодорожным транспортом поставлены ответственные задачи по удовлетворению растущих потребностей страны в перевозках грузов и пассажиров, а также значительному улучшению качества работы всех звеньев транспорта.

Для решения этих задач важное значение имеет увеличение пропускной способности железных дорог за счет увеличения грузоподъемности вагонов и снижения их тары, улучшения конструкционных и динамических показателей вагонов при обеспечении заданной прочности и надежности.

Настоящий курсовой проект призван помочь студентам овладеть теоретическими и практическими знаниями в области проектирования и постройки вагонов и их узлов, изучить устройство и работу вагонов и их узлов, а также ознакомиться с основными методами расчета на прочность.

### **1. Содержание курсового проекта**

В соответствии с учебным планом студент выполняет курсовой проект грузового или пассажирского вагона в объеме технического проекта. Задание на курсовой проект (конкретная тема проекта и исходные данные для него) выбирается по последней цифре учебного шифра студента. Если последняя цифра ноль, то выбирается вариант 10 (из десяти вариантов заданий, приведенных ниже).

В пояснительной записке к курсовому проекту указывается назначение и роль проектируемого вагона в системе грузооборота страны; дается краткое описание конструкции спроектированного вагона (тележек, рессорного подвешивания, автосцепного оборудования и т.д.); приводится технико-экономическое обоснование выбора параметров и основных размеров вагона с габаритными расчетами; производится расчет на прочность узла или детали (в соответствии с вариантом задания). Должен быть также выполнен уточненный расчет на прочность оси колесной пары.

К пояснительной записке должно быть приложено не менее двух листов чертежей.

Лист 1-й: чертеж общего вида вагона, дается в трех проекциях.

Для лучшего раскрытия содержания разрабатываемого проекта необходимо пользоваться вертикальными, горизонтальными (продольными и поперечными) разрезами, местными разрезами или сечениями. На общий вид наносятся лишь главнейшие размеры. На третьей проекции необходимо воспроизвести (наложить) очертание контура габарита подвижного состава с учетом выбранного типа и диаметра колес и контуров выступающих частей вагона. Необходимо также, в строгом соответствии с выбранным масштабом чертежа, привести очертания кузова и ходовых частей вагона. Это является своеобразным контролем правильности вписывания в габарит вагона в целом. Для общего вида порожнего вагона рекомендуется масштабы 1: 10, 1: 20 или 1: 25.

Лист 2-й: чертеж общего вида детали проекта, выполняется в трех проекциях в масштабе. Формат листа должен быть использован максимально.

На чертеже должны быть проставлены все основные размеры, предварительно обоснованные в пояснительной записке.

Все чертежи должны выполняться и оформляться в полном соответствии с государственными стандартами «Единая система конструкторской документации».

## 2. Порядок проектирования

По определяющим факторам и требованиям задания (тип вагона, габарит, грузоподъемность, осьность и др.) определяются предварительные размеры вагона.

Уточнение предварительных размеров вагона осуществляется путем вписывания его в соответствующий тип габарита, что позволяет в итоге выбрать параметры, отвечающие наиболее эффективной эксплуатации вагона.

После определения основных (габаритных) размеров вагона (ширина, длина, высота, база), намечаются эскизные варианты конструкции частей вагона (кузова, рамы, ходовых частей, автосцепки и т.п.).

После выбора конструкции частей вагона, установления размеров и веса производят проверочный расчёт узла и его элементов на прочность, а затем приступают к оформлению чертежей конструкции

вагона в целом.

Рассчитываются на прочность только основные части: рама, кузов, тележка, колёсные пары, ударно-тяговые устройства.

### 3. Варианты заданий на курсовой проект

Варианты заданий выбираются студентами из таблицы 1 в соответствии со своим порядковым номером в журнале группы. Если в группе более 20 человек, то варианты заданий выбираются по второму разу с возможной корректировкой преподавателя.

Задание выписывается на отдельном листе в развернутом подробном виде, где указывается дата получения задания и дата завершения выполнения курсового проекта.

При выполнении вышеуказанных расчетов должны быть учтены:

- радиус кривой при проверке вписывания вагона в габарит: принимается в зависимости от габарита:
  - $R=200$  м – для габаритов Т, 1-Т, 0-Т (1-ВМ);
  - $R=250$  м – для габаритов 01-Т (0-ВМ), 02-Т (02-ВМ), 03-Т (03-ВМ).
- ширина железнодорожной колеи;
- нагрузки осевая и статическая на I м пути;
- тара вагона;
- высота автосцепки от головки рельса, удовлетворяющая требованиям ПТЭ;
- скорости движения:
  - для грузовых вагонов - 33 м/с;
  - для пассажирских - 45 м/с;
- удельное давление ветра, перпендикулярное боковой стене, равное  $500 \text{ Н/м}^2$ ;
- вертикальная динамическая нагрузка, составляющая часть, равную коэффициенту вертикальной динамики от статической нагрузки. Коэффициент вертикальной динамики определяется в зависимости от скорости движения вагона и вертикального статического прогиба рессорного подвешивания;
- продольная горизонтальная сжимающая нагрузка, в соответствии с расчетным режимом;
- центробежная сила равная  $0,075P_{\text{бр}}$  для грузовых вагонов и

Варианты индивидуальных заданий.

Таблица 1.

№ пп	Тип вагона	Тара (не более), т	Грузоподъ- емность (число пассажигов)	Деталь проекта	Узел для расчета	Примечания	Габарит
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Пассажир- ский	54	36 мест	Буксовый узел	Детали люльки	Применить сплавы алюминия	03-Т
2	Грузовой 4-х осный крытый	23	70	Установка автосцепки	Долговеч- ность подшипников	Применить сплавы алюминия	0-Т
3	Грузовой 4-х осный полувагон	21,1	69	Надрессор- ная балка	Надрессор- ная балка	Применить облегченные профили	01-Т
4	Багажный	51	16	Крыша	Кузов	Крыша из полимеров	1-ВМ
5	4-х осная платформа	20,9	70	Борт	Пружины	Применить сплавы алюминия	1-Т
6	4-х осная цистерна для бензина	25,3	62	Сливной прибор	Котел цистерны	Несущий котел	02-ВМ (02-Т)

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6	7	8
7	Почтовый	45	23	Колесная пара	Приближенный расчет кузова	Применить сплавы алюминия и полимеры	1-ВМ
8	8-и осный полувагон	43,3	125	Соединительная балка	Пружины	Применить облегченные профили	1-Т
9	Вагон ресторан	40,9	48 мест	Тележка	Рама тележки	Применить сплавы алюминия и полимеры	1-ВМ
10	Грузовой изотермический вагон	39	41	Тележка	Рама тележки	Кузов типа «Сандвич»	1-Т
11	8-и осная цистерна для нефтепродуктов	51	125	Буксовый узел	Долговечность подшипников	Тележки без соединительной балки	Т
12	Вагон для перевозки автомобилей	27	20	Установка автосцепки	Корпус автосцепки на малоцикловую усталость	Защитная решетка	1-Т

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6	7	8
13	4-х осный вагон-хоппер для зерна	22	65	Верхний люк	Боковая рама тележки	Применить облегченные профили	01-Т
14	Вагон-бар	48,5	23 места	Надрессорная балка	Рама тележки	Для обивки использовать ценные породы дерева	1-ВМ
15	4-х осный думпка	27	60	Фрикционный гаситель колебаний	Пружины на выносливость	Применить низколегированные стали	Т
16	Платформа для большегрузных контейнеров	22	60	Шкворневая балка	Кузов вагона	Применить низколегированные стали	01-Т
17	Пассажирский вагон скоростного поезда	46	38 мест	Надрессорная балка	Надрессорная балка	Применить пневморессоры	02-ВМ
18	Крытый ЦМВ для автомобилей	42	42	Шкворневая балка	Пружины на выносливость	Торцевые двери	0-Т

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6	7	8
19	4-х осный вагон-хоппер для цемента	22	67	Тележка	Боковая рама тележки	Переходная площадка	1-Т
20	Пассажирский вагон-салон	47,7	8 спальных 12 в салоне 2 для проводников	Букса кассетного типа	Пружины	Предусмотреть рабочий кабинет	1-ВМ

- $0,1 P_{бр}$  для пассажирских, или рассчитывается по известным формулам;
- сила инерции при плавном торможении равная  $0,2P_{бр}$ .

#### 4. Структура пояснительной записки

Пояснительная записка к курсовому проекту должна содержать следующие разделы:

Задание на курсовое проектирование.

Содержание курсового проекта (оглавление).

Введение.

1. Определение основных параметров вагона и линейных размеров.

2. Проверка вписывания вагона в габарит подвижного состава.

3. Уточненный расчет оси на прочность.

4. Описание назначения, конструкции и расчет на прочность узла или детали (в соответствии с вариантом задания).

Список использованной литературы.

#### 5. Методические указания к выполнению курсового проекта

##### 5.1. Определение технико-экономических параметров грузовых вагонов

Основными параметрами вагона являются: грузоподъемность  $P$ , тара (собственная масса)  $T$ , количество колёсных пар (осность)  $m_0$ , объём кузова  $V$ , площадь пола  $F$ , линейные размеры. Для сравнения вагонов между собой пользуются параметрами, представляющими отношения указанных величин: удельным объёмом кузова, удельной площадью пола, коэффициентами тары, нагрузкой от колёсной пары на рельсы, нагрузкой на метр пути (погонная нагрузка).

Правильный выбор параметров обеспечивает наименьшие затраты общественного труда на перевозки грузов.

Определение параметров грузовых вагонов рекомендуется вести в следующем порядке:

- установить удельный объём  $V_y$  (удельную площадь пола) $F_y$ ;
- установить коэффициент тары;
- определить грузоподъемность вагона;
- установить геометрический объём кузова или площадь пола;
- определить линейные размеры вагона.

### 5.1.1. Выбор удельного объёма или удельной площади пола

Для вагонов, в которых перевозится один определённый род груза, значения целесообразного удельного объёма и удельной площади пола (для платформ) вычисляются по формулам [1], [2].

$$V_y = \frac{1}{\varphi\rho}, \quad (1.1)$$

$$F_y = \frac{1}{\varphi\rho H} \quad (1.2.)$$

где  $\rho$  - объёмная масса груза, т/м<sup>3</sup>;

$\varphi$  - коэффициент использования геометрического объёма кузова;

$H$  - высота погрузки, м.

У крытых и изотермических вагонов обычно  $\varphi < 1$ , у цистерн  $\varphi = 1$ , а у полувагонов при загрузке их выше уровня стен (с «шапкой»)  $\varphi > 1$ .

Высота погрузки для сыпучих грузов принимается исходя из высоты бортов и угла естественного откоса груза  $\alpha$  с учётом его уменьшения во время движения, а для остальных грузов – очертаниями верхних линий габаритов подвижного состава.

Значения углов естественного откоса, объёмной массы некоторых сыпучих грузов, объёмной массы некоторых грузов, перевозимых в цистернах, приведены в таблице 2.

Для учёта факторов, влияющих на использование геометрического объёма вагонов в формулы (1.1), (1.2) введён коэффициент  $\varphi$ .

Величина  $\varphi$  зависит от конфигурации кузова, расположения и размеров дверей, люков, внутреннего оборудования, высоты и формы бортов, а также свойств груза. Установлено, что использование геометрического объёма вагонов различных типов в зависимости от рода перевозимых в них грузов различно. Для крытых вагонов  $\varphi$  колеблется от 0,6 до 0,93, для полувагонов и хопперов 1,12-1,15 (при погрузке выше уровня стен), для платформ 0,8 (погрузка по габариту) и для цистерн около 1,0.

Если вагон предназначен для различных грузов, с разными  $\rho$  и  $\varphi$ , то выбор значений  $V_y$  и  $F_y$  усложняется. В этом случае устанавливается Углы естественного откоса и плотности некоторых грузов.

Таблица 2.

Наименование груза	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Угол естественного
--------------------	------------------------------	--------------------

		откоса, град
Алюминий	3511	
Асфальт	1100-2800	35-40
Бетон	1800-2400	35-50
Бумага	700-1100	-
Гранит	2500-2900	22-37 (крошка)
Сосна	400-700	-
Кирпич	1400-1600	12-24 (в навал)
Мрамор	2600-2800	22-37 (крошка)
Бензин	700-800	-
Вода	998	-
Дизельное топливо	800	-
Масло трансформаторное	840-890	-
Нефть	730-940	-
Серная кислота	1830	-
Песок		22-37
Полимеры в гранулах	1000-1500	10-18

оптимальное значение удельного объёма  $V_{у\text{ опт}}$  или определяется оптимальная величина площади пола  $F_{у\text{ опт}}$  (для платформ).

При этом за критерий оптимальности принимается минимальная себестоимость (С) перевозок грузов.

### 5.1.2. Определение коэффициента тары и расчёт грузоподъёмности вагона

Основным параметром вагона, принадлежащим одновременно к важнейшим параметрам железнодорожного транспорта, является грузоподъёмность вагона.

Одним из факторов, определяющих величину грузоподъёмности вагона, считается допустимая осевая нагрузка  $P_0$ , которая определяется исходя из мощности пути и экономичности его содержания. Для наиболее распространенных типов вагонов осевая нагрузка в настоящее время ограничена величиной 228 кН. Как показали исследования для основных типов грузовых вагонов (цистерн, полувагонов и вагонов-хопперов) указанная норма осевой нагрузки целесообразна и на перспективу, т.к. повышение осевых нагрузок вызывает значительное увеличение затрат на содержание пути и путевого хозяйства.

Связь между осевой нагрузкой и грузоподъемностью вагона выражается зависимостью:

$$P \leq \frac{P_0 m_0}{1 + K_T}, \quad (1.3)$$

где  $P_0$  – допускаемая осевая нагрузка, кН (т/ось);

$m_0$  – количество колёсных пар в вагоне;

$K_T$  – технический коэффициент тары;

$K_T$  – может быть определён по формуле

$$\hat{E}_D = \frac{\dot{D}}{D} \quad (1.4)$$

Формула (1.3) может быть представлена в виде

$$D_0 m_0 = P + T \quad (1.5)$$

Левая часть равенства (1.5) для заданных условий проектирования всегда постоянна. Величины, входящие в правую часть равенства можно изменять, оставляя неизменной их сумму. При этом необходимо стремиться к снижению тары вагона, что приведёт к соответствующему увеличению грузоподъемности вагона. С этой целью при найденном коэффициенте тары определяется грузоподъемность вагона, затем из веса брутто вычитается грузоподъемность и определяется тара вагона. После этого рассматриваются возможные пути снижения тары вагона:

- осуществление конструктивных мероприятий, обеспечивающих уменьшение усилий, действующих на вагон и его части;
- целесообразный выбор материалов для частей вагона;
- совершенствование технологии изготовления и ремонта вагонов;
- совершенствование методов расчёта и испытаний вагонов и их узлов.

### **5.1.3. Определение геометрического объёма кузова и ориентировочных значений основных линейных размеров вагона**

Зная удельный объём  $V_y$  и грузоподъемность вагона можно определить геометрический объём кузова  $V$ , а для платформ – площадь пола  $F$  по формулам:

$$V = P \cdot V_y \quad (1.6)$$

$$F = P \cdot F_y \quad (1.7)$$

Внутренняя длина крытых, изотермических и полувагонов находится из выражения

$$2L_B = \frac{V}{F_K}, \quad (1.8)$$

где  $F_K$  – площадь поперечного сечения кузова, заполняемого грузом,  $m^2$ .

Внутренняя длина платформы определяется по формуле

$$2L_B = \frac{F}{2B_B}, \quad (1.9)$$

где  $2B_B$  - внутренняя ширина платформы, м.

Для достижения возможно большей погонной нагрузки площадь поперечного сечения кузова  $F_K$ , а следовательно внутреннюю ширину и внутреннюю высоту вагона целесообразно принимать максимальными в пределах заданного габарита подвижного состава.

Однако следует учитывать, что внутреннюю ширину крытого вагона, используемого для людских перевозок принимают равной 2760 мм исходя из необходимости размещения существующего съёмного оборудования.

Внутреннюю ширину полувагонов и платформ принимают не менее 2740 мм для обеспечения погрузки контейнеров.

Для ориентировочных расчётов внутреннюю ширину вагона можно принимать: для габарита Т – 3400 мм, I-Т – 3000мм, OI-Т – 2900мм.

При вычислении площади поперечного сечения кузова высоту стенки полувагонов устанавливают по условию загрузки его под эстакадами: четырёхосного – 2060 мм, восьмиосного – 2450 мм.

Полувагоны увеличенных габаритов могут иметь наружную ширину кузова до 3600 мм и высоту от уровня верха головок рельсов до 4800 мм. При выборе высоты полувагона более 4350 мм от уровня верха головок рельсов следует иметь в виду, что это потребует создания нового вагоноопрокидывателя.

Внутреннюю высоту кузова крытого вагона принимают максимально возможной по габариту.

Высота бортов у платформы определяется удобствами их закрытия, а также необходимостью перевозки ряда грузов с опущенными бортами без выхода последних за пределы нижнего очертания габарита подвижного состава. Торцовые борта в открытом состоянии должны размещаться в межвагонном пространстве с учётом безопасного положения человека между бортами двух платформ.

Для ориентировочного определения диаметра котла D четырёхосной цистерны может быть использована формула:

$$D = 0,7\sqrt[3]{V} \quad (1.10)$$

При малых колпаках, которые имеют цистерны последних лет постройки, объём котла, вычисленный по формуле (1.10), увеличивают на 2-3% для обеспечения расширения груза при повышении температуры.

При определении внутренней длины полувагонов следует учитывать, что из условия взаимозаменяемости крышек люков всех полувагонов расстояние между стойками боковой стены полувагона должно быть равно 1750 мм. Указанное условие должно быть учтено также при выборе базы и консоли вагона, т.е. база вагона и длина консоли должна быть кратной соответствующему размеру разгрузочного люка. Кроме того, длину полувагонов и платформ желательно иметь кратной величине 6600-6700 мм, соответствующей длине распространенных лесоматериалов с учётом зазоров между штабелями и стенами вагонов. Исходя из условий размещения контейнеров, внутреннюю длину платформы и полувагона целесообразно принимать кратной 2170 мм.

Для котла цистерны длину устанавливают в зависимости от диаметра, формы днища и других частей, определяющих объём.

После установления внутренних размеров определяют наружные размеры кузова с учётом толщины стен, пола и крыши.

Наружная длина кузова  $2L$ , совпадающая у большинства конструкций вагонов с длиной рамы  $2L_P$ , определяется по формуле :

$$2L = 2L_B + 2a_T, \quad (1.11)$$

где  $a_T$  - толщина торцевой стены кузова.

Наружная ширина кузова

$$2B = 2B_B + 2a_B, \quad (1.12)$$

где  $a_B$  – толщина боковой стены.

В крытых вагонах учитывают также толщину боковой двери, в цистернах – наружную лестницу (если она расположена на цилиндрической части котла).

Общая длина вагона определяется по формуле

$$2L_0 = 2L_P + 2a_a, \quad (1.13)$$

где  $a_a$  – вылет автосцепки, т.е. расстояние от оси сцепления до концевой балки.

Значение вылета автосцепки обычно составляет 610 мм. Уменьшение вылета автосцепки сокращает межвагонные расстояния, в результате чего повышается погонная нагрузка вагона, сокращается сопротивление воздушной среды, особенно при больших скоростях движения, и уменьшается плечо изгибающего

момента, нагружающего раму кузова от вертикальных составляющих усилий. Поэтому сокращение вылета автосцепки существенно в длинных грузовых и пассажирских вагонах.

При определении  $2L_0$ , следует учитывать, что минимально возможная длина вагона по осям сцепления автосцепок, исходя из условий размещения ходовых частей, автосцепного и тормозного оборудования, а также устойчивости вагона от выжимания в кривых согласно расчётов при эксплуатации грузовых вагонов в поездах массой до 10-12 тыс.т должна быть для четырёхосных вагонов не менее 13,5 м.

База вагона может быть определена из выражения

$$2l = \frac{2L_p}{\sqrt{2}}, \quad (1.14)$$

где  $\sqrt{2}$  - соотношение между длиной рамы и базой вагона, при котором горизонтальные смещения концов кузова наружу кривой и его середины в сторону центра последней при прохождении вагоном криволинейных участков пути приблизительно одинаковы.

Длина консольной части вагона

$$n_k = \frac{2L_p - 2l}{2}; \quad (1.15)$$

Минимально допустимая длина консольной части вагона определяется геометрией ходовых частей и схемой их размещения под вагоном.

Для четырёхосных вагонов:

$$n_{k_{\min}} = \frac{2l_{T_1}}{2} + \frac{D_{ep}}{2} + \Delta_k; \quad (1.16)$$

Для восьмиосных:

$$n_{k_{\min}} = \frac{2l_{T_1}}{2} + \frac{2l_{T_2}}{2} + \frac{D_{ep}}{2} + \Delta_k, \quad (1.17)$$

где  $2l_{T_1}$  - база двухосной тележки;

$2l_{T_2}$  - база четырёхосной тележки;

$D_{ep}$  - номинальный диаметр колеса по гребню;

$\Delta_k$  - зазор между гребнем наружного колеса и торцом концевой балки.

Последний показатель задается с учётом обеспечения беспрепятственного поворота тележек относительно кузова в кривой минимального радиуса 60 м и удобства замены поглощающего аппарата автосцепки без выкатки тележки (при предварительных расчётах можно принять равным 0,4 м).

Минимально допустимое значение базы вагона  $2l_{\min}$

определяется как удвоенная величина минимально допустимой консоли

$$2l_{\min} = 2n_{k_{\min}} \quad (1.18)$$

При определении основных параметров целесообразно выполнять сравнительный анализ параметров проектируемого вагона и однотипных существующих вагонов.

Линейные размеры вагонов, принятые или вычисленные по вышеприведённым формулам, уточняют путём вписывания вагона в заданный габарит подвижного состава.

## **5.2. Проверка вписывания кузова проектируемого вагона в заданный габарит подвижного состава**

Габаритом подвижного состава называется поперечное (перпендикулярное оси пути) очертание, в котором, не выходя наружу, должен помещаться установленный на прямом горизонтальном пути (при наиболее неблагоприятном положении в колее и отсутствии боковых наклонов на рессорах и динамических колебаний) как в порожнем, так и в нагруженном состоянии не только новый подвижной состав, но и подвижной состав, имеющий максимально нормируемые износы.

Государственным стандартом «Габариты приближения строения и подвижного состава железных дорог колеи 1520 (1524) мм» (ГОСТ 9238-83) установлено две группы габаритов подвижного состава: первая – для подвижного состава, предназначенного к обращению только по железным дорогам «Стран содружества и Балтии» и МНР колеи 1520 (1524) мм (габариты Т, Тц, Тпр и 1-Т); вторая – для подвижного состава, допускаемого к обращению как по железным дорогам колеи 1520 (1524) мм, так и по зарубежным железным дорогам колеи 1435 мм (габариты I –ВМ (0-Т), 0-ВМ (01-Т), 02-ВМ (02-Т) и 03-ВМ (03-Т)).

### **5.2.1. Основные положения**

Под вписыванием кузова вагона в габарит понимается определение допускаемых в данном габарите строительных размеров соответствующих частей проектируемой единицы подвижного состава.

Расчёты по вписыванию в габарит должны включать:

- исходные расчётные данные;
- расчёт горизонтальных и вертикальных ограничений на размеры кузова и укреплённого на нем оборудования;
- расчёт строительного и проектного очертаний кузова;

В качестве горизонтальных ограничений следует принимать величину возможных поперечных смещений данной части подвижного состава из центрального ее положения относительно оси пути вследствие наибольших допускаемых зазоров и износов деталей ходовых частей и геометрических выносов в расчетной кривой, не компенсированных соответствующим уширением габарита приближения строений или расстояния между осями путей.

Величина горизонтальных ограничений зависит от места расположения по длине подвижного состава рассматриваемого поперечного сечения. Расчетные формулы горизонтальных ограничений устанавливаются для следующих видов поперечных сечений: направляющих, внутренних и наружных.

В качестве направляющих сечений принимаются сечения по оси пятников кузова.

К внутренним поперечным сечениям относятся все сечения, расположенные между направляющими (в пределах базы подвижного состава). К наружным поперечным сечениям относятся все сечения, расположенные снаружи направляющих (за пределами базы). Базой подвижного состава называется расстояние между направляющими сечениями.

Расчетную нагрузку (силу тяжести) подвижного состава при определении вертикальных ограничений следует принимать равной полезной нагрузке и силе тяжести предметов экипировки в соответствии с таблицей 3.

Составляющие расчетной нагрузки для отдельных видов подвижного состава

Таблица 3

Вид подвижного состава	Расчетная нагрузка	
	Полезная нагрузка	*Предметы экипировки
Вагоны:		
Грузовые	Сила тяжести груза в пределах грузоподъемности	
Пассажирские дальнего	Сила тяжести пассажиров с багажом, определяемая по расчетной населенности	Сила тяжести воды,

следования(мягкие, купейные и жесткие)	вагона. Расчетную населенность вагона определяют по наибольшему числу мест, предусмотренных при эксплуатации вагона, силу тяжести одного пассажира с багажом принимают равной 1 кН	топлива и других предметов экипировки.
Багажные, почтовые, грузо/почтовые.	Сила тяжести багажа и обслуживающего персонала в пределах грузоподъёмности	То же
Межобластные, вагоны электросекций, электро- и дизель-поездов	Сила тяжести пассажиров с багажом. Количество пассажиров определяют по числу мест для сидения и количеству стоящих пассажиров из расчёта 7 человек на 1 м <sup>2</sup> свободной площади пола, включая тамбуры и проходы (площадь между диванами, занятую ногами сидящих пассажиров, шириной 200 мм у края дивана не учитывают). Силу тяжести одного пассажира с багажом принимают равной 0,7 кН	То же
*Если сила тяжести предметов экипировки полностью или частично включена в собственную силу тяжести подвижного состава (тару), то она здесь совсем не учитывается, или учитывается только в части, не учтенной в таре.		

Строительные очертания для всех вписываемых в габарит частей вагона определяются путем уменьшения поперечных размеров габарита на величину горизонтальных ограничений и увеличения высоты точек нижних очертаний на величину вертикальных ограничений.

Проектное очертание соответствующей части вагона по низу следует определять путем увеличения, а по верху и в горизонтальном направлении – путем уменьшения размеров строительного очертания на величину плюсовых допусков, принимаемых при изготовлении и ремонте вагона.

При проектировании вагона его номинальные размеры должны приниматься в пределах проектного очертания.

При изготовлении или выпуске отремонтированного вагона с завода его фактические размеры не должны превышать размеры соответствующего строительного очертания.

Соответствие частей вагона проектному очертанию должно быть показано на 1-м листе графической части курсового проекта.

### 5.2.2. Определение горизонтальных ограничений

В зависимости от поперечных сечений, для которых выполняется расчет, устанавливаются следующие обозначения горизонтальных ограничений  $E$ :

$E_0$  – для направляющих сечений;  $E_B$  – для внутренних сечений (внутреннее ограничение);  $E_H$  – для наружных сечений (наружное ограничение).

Горизонтальные ограничения подлежат учету только при их положительных значениях, отрицательные значения должны приниматься равными нулю.

Для кузова и укрепленных на нем частей ограничения определяются по формулам, мм:

$$E_0 = 0,5(S - d) + q + w + \Delta q_{4i} + \Delta k_0 - k \quad (2.1)$$

$$E_{\hat{A}} = 0,5(S - d) + q + w + \Delta q_{4i} + \Delta k_{\hat{A}} - k + \alpha \quad (2.2)$$

$$E_f = [0,5(S - d) + q + w] \phi + \Delta q_{4i} + \Delta k_f - k + \beta \quad (2.3)$$

$$\Delta k_0 = (k_1 - k_3) \quad (2.4)$$

$$\Delta k_{\hat{A}} = k_2 (l - n_{\hat{A}i}) n_{\hat{A}i} + k_1 - k_3 \quad (2.5)$$

$$\Delta k_f = k_2 (l - n_{fi}) n_{fi} + k_1 - k_3 \quad (2.6)$$

$$\phi = \frac{2n_{fi} + l}{l} \quad (2.7)$$

В приведенных формулах:

$S$  - ширина колеи, мм. Величина  $S$  принимается при вписывании в габариты Т, ТЦ, ТПР, I-T, I – ВМ равной 1546 мм – если коэффициенты  $\Delta k_0$ ,  $\Delta k_B$ ,  $\Delta k_H$  учитываются; 1530 мм - если указанные коэффициенты не учитываются. При вписывании в габариты 0 – ВМ, 02 – ВМ, 03 – ВМ ширина колеи принимается 1465 мм;

$d$  – минимальное расстояние между наружными гранями предельно изношенных гребней колес, мм:

Приведенная в расчетных формулах горизонтальных ограничений величина  $q + w$  наибольших возможных поперечных перемещений в буксовом узле и центральном подвешивании вагона должна приниматься с учетом следующих требований:

- для букс с подшипниками качения принимают  $q + w = 1$  мм;
- для необрессоренной (опирающейся непосредственно на буксы) боковой рамы тележки  $q + w$  складывается из указанного смещения и смещения боковой рамы относительно буксы, а для обрессоренной рамы тележки и укрепленных на ней частей – из указанных смещений и смещения буксовых

направляющих относительно букс или шпинтонов бесчелюстных тележек в отверстиях приливов букс;

- для надрессорной балки  $q + w$  складывается из указанных смещений и смещения надрессорной балки относительно рамы тележки;
- для кузова вагона к смещениям, перечисленным выше, добавляется смещение пятника по подпятнику (или скользуна по скользуну).

Для кузова вагона на четырехосных тележках поперечное смещение увеличивается на величину смещения пятника по подпятнику, установленному на соединительной балке тележки.

Каждое из перечисленных единичных смещений следует определять как сумму номинального конструктивного разбега в одну сторону относительно середины пути и максимального возможного одностороннего износа.

Значения поперечных перемещений  $q + w$  для кузовов вновь проектируемых вагонов не должны превышать 40 мм – у грузовых вагонов и 55 мм – у пассажирских.

$\Delta q_{4i}$  – возможное поперечное смещение, мм, в одну сторону из среднего положения  $i$ -й детали шарнирно укрепленной на кузове ( $i$  – порядковый номер вписываемый в габарит детали:  $i = 1, 2$  и т.д.) вследствие зазоров в узле шарнирного соединения при максимальных износах;

$k, k_1, k_2, k_3$  – принимаются по таблице 4.

$\delta$  – база подвижного состава, м;

$p_{вi}, p_{нi}$  – расстояния от направляющих до рассматриваемых соответственно внутренних и наружных сечений ( $i$  – номер сечения), м;

Величины  $\Delta k_0, \Delta k_B, \Delta k_H$  подлежат учету при положительных значениях, а при отрицательных значениях - I, -2, и до -8 при вычислении  $\Delta k_0$  и  $\Delta k_B$  и - $\phi$ , -2 $\phi$  и до -8 $\phi$  при вычислении  $\Delta k_H$  для габаритов Т, Т<sub>ц</sub>, Т<sub>пр</sub>, I-T, I-ВМ.

### Значения коэффициентов

Таблица 4

Габарит	Точки габарита	$k$ , мм	$k_1$ , мм	$k_2$ , мм/м <sup>2</sup>	$k_3$ , мм
Т, Т <sub>ц</sub> , Т <sub>пр</sub> , I-T, I-ВМ	Все точки	0	$0,625p^2$	2,5	180

0 -ВМ	I - II	75	0,5 $p^2$	2	0
	Остальные точки	25			
02 -ВМ	I-8	75			
03 -ВМ	I-5	75			

Примечание:  $p$  – база тележки, м; При проектировании вагонов на четырехосных тележках с базой  $p_1$ ; составленных из двух 2-осных тележек с базой  $p_2$ , вместо величины  $p^2$  подставляется сумма ( $p_1^2 + p_2^2$ ).

Меньшие значения т.е.  $-9$  и  $-9\phi$ ,  $-10$  и  $-10\phi$  и т.д. должны приниматься равными нулю;

Коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  (мм) следует определять:

Для габаритов Т, Т<sub>ц</sub>, Т<sub>пр</sub>, 1-Т, 1-ВМ по формулам:

$$\alpha = 0,833(\ell \cdot n_{Bi} - n_{Bi}^2 + 0,25 \cdot p^2 - 72); \quad (2.8)$$

$$\beta = 0,833(\ell \cdot n_{Hi} + n_{Hi}^2 - 0,25 \cdot p^2 - 72); \quad (2.9)$$

Для габаритов 0-ВМ, 02-ВМ, 03-ВМ:

$$\alpha = 1,333(\ell \cdot n_{Bi} - n_{Bi}^2 + 0,25 \cdot p^2 - 100); \quad (2.10)$$

$$\beta = 1,333(\ell \cdot n_{Hi} + n_{Hi}^2 - 0,25 \cdot p^2 - 120). \quad (2.11)$$

Вычисленные по формулам 2.8-2.11 коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  подлежат учету только при положительных их значениях. Это условие соблюдается у длиннобазного подвижного состава (как правило, при базе  $l$  больше 17 м). Для короткобазного подвижного состава эти коэффициенты заведомо отрицательны и могут не определяться.

### 5.2.3. Определение горизонтальных размеров строительных очертаний

Полуширина, (мм) строительного очертания на высоте  $i$  –й точки габарита определяется по формуле:

$$B_i = B_i^w - E, \quad (2.12)$$

Где  $B_i^w$  - полуширина габарита на высоте  $i$ -й точки, мм;

$E$  – ограничение, найденное для рассматриваемой части вагона, в соответствии с разделом 5.2.2.

Полуширина строительного очертания полученная по формуле (2.12), должна быть не более: 1800 мм для точек 8-10 габарита Т; 1625 мм для точек 8-10 габарита I-Т и точек 10 –11 габарита I-ВМ.

### 5.2.4. Определение вертикальных ограничений

В качестве вертикальных ограничений  $h_i$  следует принимать величину возможного в эксплуатации статического параллельного понижения рассматриваемых частей вагона вследствие максимально нормируемого износа ходовых частей, а для обрессоренных деталей и вследствие равномерной осадки рессор и их прогиба от расчетной нагрузки. Определение указанных понижений для различных частей подвижного состава должно осуществляться с учетом следующих требований:

- для колесных пар возможное понижение в эксплуатации включает уменьшение толщины обода колеса в результате обточек его при ремонтах, проката и местных выбоин на поверхности катания. Итоговую величину такого понижения определяют как разность между проектной толщиной обода нового колеса и допускаемой в эксплуатации наименьшей толщиной обода колеса;

- для необрессоренных, жестко опирающихся непосредственно на буксы частей указанное понижение увеличивают на величину износов опорных поверхностей;

- для обрессоренной рамы тележки и жестко укрепленных на ней частей понижения должны определяться как сумма перечисленных выше понижений необрессоренных частей с учетом статической осадки надбуксового подвешивания порожнего (не экипированного) вагона вследствие потери со временем высоты пружин из-за остаточной осадки, а также с учетом равномерного прогиба надбуксового подвешивания от расчетной нагрузки;

- для надрессорной балки тележки понижения должны определяться как сумма перечисленных выше понижений и дополнительно учитывается равномерная статическая осадка рессорных комплектов центрального подвешивания у порожнего вагона и равномерный прогиб центрального подвешивания от расчетной нагрузки;

- понижения кузова (рамы) вагона и укрепленных на нем частей равны сумме всех перечисленных выше понижений и износу по толщине пятника и подпятника (или скользунов при опирании кузова на скользуны).

Для частей вагона, расположенных на значительном расстоянии от опорных пятников (в средних и концевых сечениях), в вертикальных ограничениях следует также учитывать прогибы (деформации) элементов конструкции от расчетной нагрузки. Распределение прогиба в промежуточных сечениях следует принимать по линейному закону.

Понижение частей вагона вследствие допускаемых в эксплуатации вертикальных износов ходовых частей и опорных поверхностей, а также прогиба рессор и конструкции под расчётной нагрузкой определяют из следующих соотношений:

Для колесных пар и букс, мм

$$h_0 = h_1 = 0,5(D_{\max} - D_{\min}) ; \quad (2.13)$$

Для рам тележек

$$h_2 = h_1 + \Delta h_2 + f_{01} + f_1 \quad (2.14)$$

$$f_1 = P_p \cdot \lambda_1 ; \quad (2.15)$$

Для надрессорной балки, мм

$$h_3 = h_2 + \Delta h_3 + f_{02} + f_2 ; \quad (2.16)$$

$$f_2 = P_p \cdot \lambda_2 ; \quad (2.17)$$

Для кузова, мм

$$h_4 = h_3 + \Delta h_4 + \frac{2Z \cdot n_{Bi}}{\ell} \quad (2.18)$$

В приведенных формулах:

$D_{\max}$  – максимальный диаметр новых колёс, мм;

$D_{\min}$  - минимальный диаметр предельно изношенных колёс, мм;

$\Delta h_2$  - понижение рамы тележки относительно буксы, вследствие вертикальных износов вертикальных опорных поверхностей, мм;

$\Delta h_3$  - понижение надрессорной балки относительно рамы тележки из-за износов и зазоров в элементах её подвески, мм;

$\Delta h_4$  - допускаемый вертикальный износ пятника и подпятника (или скользунов), мм;

$P_p$  - расчётная нагрузка на одну тележку, кН;

$Z$  - собственный прогиб под нагрузкой среднего сечения конструкции рамы вагона (хребтовой балки), мм;

$f_{01}$  - остаточная осадка надбуксовых рессор;

$f_{02}$  - остаточная осадка центральных рессор, мм.

Значения  $\lambda_1$  – гибкости надбуксовых,  $\lambda_2$  -центральных рессор для основных типов тележек в мм/кН приведены в таблице 5.

### Значения гибкости рессор

Таблица 5.

Тележка	Гибкость подвешивания, мм/кН	
	Надбуксового $\lambda_1$	Центрального $\lambda_2$
ЦНИИ-ХЗ	-	0,125
4-осная	-	0,065
КВЗ-ЦНИИ, тип I	0,189	0,669

КВЗ-ЦНИИ, тип II	0,153	0,492
КВЗ-5	0,151	0,478

При прохождении горба горок части вагона во внутренних сечениях приближаются к уровню голов рельсов за счет кривизны вертикальной кривой. Чтобы не происходило задевания нижних частей вагона за рельсы или за напольные устройства, вертикальные размеры строительных очертаний должны учитывать величины понижений, определяемых по приводимым ниже формулам.

Для подвижного состава габаритов Т, Т<sub>ц</sub>, Тпр, и I–Т:

При базе подвижного состава  $\ell \leq 14$  м:

$$h_{RB} = 2n_{Bi}(\ell - n_{Bi}) + 0,5p^2, \quad (2.19)$$

где  $h_{RB}$ - понижение, обусловленное вертикальной кривой горба горки, мм;

при базе  $\ell > 14$  м:

для внутренних сечений, расположенных на расстояниях  $n_{Bi} \geq 0,5(\ell - 14)$  (м),

$$h_{RB} = 13,75\ell - 0,5(\ell - n_{Bi})^2 - 94,5; \quad (2.20)$$

для внутренних сечений с  $n_{Bi} < 0,5(\ell - 14)$  (м),

$$h_{RB} = 27,5n_{Bi}; \quad (2.21)$$

Для подвижного состава габаритов I-ВМ, 0-ВМ, 02-ВМ, 03-ВМ

при базе  $\ell \leq 21,25$  м

$$h_{RB} = 2n_{Bi}(\ell - n_{Bi}) + 0,5p^2 \quad (2.22)$$

при базе  $\ell > 21,25$  м

для сечений с  $n_{Bi} > 0,5(\ell - 21,25)$  (м)

$$h_{RB} = 21,25\ell - 0,5(\ell - n_{Bi})^2 - 226 \quad (2.23)$$

для сечений с  $n_{Bi} < 0,5(\ell - 21,25)$  (м)

$$h_{RB} = 42,5n_{Bi} \text{ (мм)}. \quad (2.24)$$

Значения  $n_{Bi}$ ,  $\ell$ ,  $p$  в формулах 2.19-2.24 принимаются в метрах.

### 5.2.5. Определение вертикальных размеров строительных очертаний

Вертикальные размеры габарита подвижного состава поверху являются одновременно и теми максимальными строительными размерами, которые может иметь проектируемый по нему вагон по

высоте в ненагруженном состоянии. При этом для пассажирских вагонов под ненагруженным состоянием понимается состояние, когда отсутствует не только полезная нагрузка, но и предметы экипировки – топливо, вода и др.

Наименьшая высота точек строительного очертания с учетом понижений вследствие износов ходовых частей, прогибов рессорных комплектов и рамы вагона определяется по формулам:

Для колесных пар и букс, мм:

$$H_0 = H_1 = H_i^w + h_0 \quad (2.25)$$

Для рам тележек, мм:

$$H_2 = H_i^w + h_2 \quad (2.26)$$

Для надрессорной балки, мм:

$$H_3 = H_i^w + h_3 \quad (2.27)$$

Для кузова, мм:

$$H_4 = H_i^w + h_4 \quad (2.28)$$

В приведенных формулах  $H_0, H_1, H_2, H_3, H_4$  - вертикальные расстояния от уровня верха головок рельсов до точек строительного очертания соответствующих частей вагона;  $H_i^w$  - расстояние от уровня верха головок рельсов до рассматриваемой  $i$ -й точки соответствующего нижнего очертания габарита.

Для нижних обрессоренных частей пассажирских вагонов определяются два значения высоты:

Первое – без учета прогиба рессор от расчетной нагрузки:

для рам тележек

$$H_2^{\bar{A}} = H_i^w + h_2^{\bar{A}} \quad (2.29)$$

для надрессорной балки

$$H_3^{\bar{A}} = H_i^w + h_3^{\bar{A}} \quad (2.30)$$

для кузова

$$H_4^{\bar{A}} = H_i^w + h_4^{\bar{A}} \text{ (мм)} \quad (2.31)$$

где  $h_2^{\bar{A}}, h_3^{\bar{A}}, h_4^{\bar{A}}$  – вертикальные ограничения, (мм), определенные в соответствии с соответствующим габаритом подвижного состава.

Второе – с учетом всех понижений – определяется по формулам 2.26-2.28. Из двух полученных значений для проектирования должно быть принято большее. Минимально допускаемая высота нижних частей внутренних сечений по условию прохода вертикальных кривых сортировочных горок определяется по формуле

$$H_{RB} = h_4 + h_{RB} \quad (2.32)$$

где  $h_4$  - вертикальное ограничение, определяемое по формуле 2.18;

$h_{RB}$ - понижение, определяемое по формулам 2.19-2.24. При этом должно соблюдаться следующее условие:

$$H_4 \geq H_{RB} \quad (2.33)$$

### 5.2.6. Определение размеров проектных очертаний

Наибольшая высота точек проектных очертаний кузова и укрепленных на нем частей, вписываемых в верхние очертания габаритов, кроме точек 10 – габаритов Т и I-Т, 7-10 – габарита Т<sub>ц</sub>; 7 – габарита Т<sub>пр</sub>; 9-11 – габарита I-ВМ; 9-12 габарита) 0-ВМ; 8 – габарита 02-ВМ и 5 – габарита 03-ВМ, определяется по формуле

$$H_{in} = H_i^w - e_y \text{ (мм)}, \quad (2.34)$$

где  $H_{in}$  – высота точек проектного очертания от уровня верха головок рельсов, мм;

$H_i^w$ - высота соответствующих точек верхних очертаний заданного габарита от уровня головок рельсов, мм;

$e_y$  – плюсовой конструктивный и технологический допуск на вертикальные размеры рассматриваемой части вагона, мм.

Наименьшая высота точек проектного очертания нижних частей вагона, вписываемых в верхние очертания габаритов определяется по формуле

$$H_{in} = H_i^w + e \quad (2.35)$$

где  $H_i$  - высота точек строительного очертания соответствующей части вагона, определенная по формулам раздела 5.2.5.

Наибольшее горизонтальное расстояние от оси пути до точек проектного очертания определяется по формуле

$$B_{in} = B_i - e_x \quad (2.36)$$

где  $B_i$  – полуширина строительного очертания на высоте  $i$ -й точки заданного габарита, найденная по формулам раздела 2.3., мм;

$e_x$  – плюсовой конструктивный технологический допуск на полуширину рассматриваемой части вагона, мм.

## 6. Уточнённый расчёт оси колёсной пары вагона на прочность

Колесная пара является одной из главных ответственных частей вагона и испытывает воздействие почти всех нагрузок, действующих на вагон. Ось колесной пары работает в режиме знакопеременных

деформаций, число циклов за срок службы весьма велико, а нагруженность носит вероятностный характер. При этом установлено, что механические свойства материала с течением времени также изменяются.

По нормам расчетов на прочность и проектирования вагонов рекомендуется расчет оси колесной пары производить уточненным методом с учетом нестационарности режима ее нагружения. В качестве критерия оценки прочности по этому методу расчета принимается величина коэффициента запаса прочности оси по отношению к пределу усталости в пяти расчетных сечениях.

Для расчета прочности колесной пары, как и любой другой части вагона, необходимо: определить действующие на нее силы; установить возникающие в ее элементах напряжения; оценить прочность и долговечность рассматриваемой конструкции.

Подробно расчет оси колесной пары при нестационарном режиме нагружения приведен в [5].

Вычисленные запасы прочности во всех расчетных сечениях оси сравнивают с допускаемым значением  $[n]$ , установленным на основе опыта эксплуатации. Для грузовых и изотермических вагонов  $[n] = 2,0$ .

Если при расчете получен запас прочности, равный или несколько превышающий допустимую величину, то это является гарантией того, что оси в процессе эксплуатации вагона будут иметь выход по трещинообразованию, не превышающий выход эксплуатирующихся в настоящее время осей.

Если при расчете получен запас прочности какого-либо сечения оси менее рекомендованного, то это указывает на то, что ось имеет пониженную долговечность. В процессе эксплуатации вагонов такие оси будут иметь более интенсивный выход по усталостным трещинам, чем в настоящее время. При значительном снижении запаса прочности скорость развития трещин будет повышаться, что может привести к излому оси между очередными ее освидетельствованиями.

## Список литературы

1. Конструирование и расчёт вагонов. Учебник для вузов ж.д. транспорта. В.В. Лукин, Л.А. Шадур, В.Н. Котуранов, А.Х. Хохлов, П.С. Анисимов.; Под. ред. В.В. Лукина. М. УМК МПС России, 2000. 731 с.
2. Вагоны. Учебник для вузов ж.-д. трансп. /Под ред. Л.А. Шадура,.-3-е изд., перераб. и доп. –М.: Транспорт, 1980,-439 с.
3. Лукин В.В., Анисимов П.С., Федосеев Ю.П. Вагоны. Общий курс. Учебник для вузов ж.-д. трансп. /Под ред. В.В. Лукина. – М.: Маршрут, 2004.-424 с.
4. Грузовые вагоны колеи 1520 мм железных дорог СССР. Альбом. М.: Транспорт, 1982.
5. С.А. Хромов. Расчет оси колесной пары при нестационарном режиме нагружения. Методические указания к практической работе. Ташкент, ТашИИТ, 2006.

Редактор: Т.И. Умурзакова

---

Подписано в печать.

Объем 2 п.л.

Формат бумаги 60x84 1/16

Тираж 50 экз.

Заказ №

---

Типография ТашИИТ.

Ташкент, ул. Адылходжаева, 1