

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ УПЛОТНЕНИЯ .....	8
1.1. Определение процесса уплотнения, его цель и задачи .....	8
1.2. Классификация катков и способов уплотнения. Вибрационное и статическое уплотнение. Затраты на уплотнение .....	8
2. ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ. ТЕРМИНЫ .....	12
3. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ДОРОЖНЫХ КАТКОВ.....	15
3.1. Катки за рубежом.....	15
3.2. Катки в России .....	19
3.3. Выводы по главе .....	23
4. ПРОБЛЕМЫ УПЛОТНЕНИЯ И СОВРЕМЕННЫХ КАТКОВ .....	24
4.1. Законы (каноны) мироздания и физические эффекты, в рамках которых функционируют катки .....	24
4.2. Физика и характеристики процесса уплотнения материалов.....	25
4.3. Контроль характеристик уплотнения материалов.....	27
4.4. Взаимодействие вальцов катка с уплотняемым материалом .....	28
4.5. Конструкции дорожных катков.....	42
4.6. Конструкции вибраторов .....	48
4.7. Конструкции бандажей .....	49
4.8. Конструкции очищающих устройств .....	50
4.9. Полигоны для заводских испытаний катков.....	51
4.10. Выводы по главе .....	51
5. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КАТКОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ. СВОЙСТВА (ХАРАКТЕРИСТИКИ УПЛОТНЕНИЯ) ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ УКАТКИ .....	53
5.1. Область применения катков .....	53
5.2. Статическое уплотнение .....	59
5.3. Вибрационное уплотнение.....	62
5.4. Зависимость сопротивления деформированию асфальтобетонных смесей и связных грунтов от направления действующего усилия.....	62
5.5. Выводы по главе .....	65
6. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА УПЛОТНЕНИЯ .....	66
6.1. Классификация направлений совершенствования средств уплотнения и их конструкций .....	66
6.2. Применение постоянного электрического поля для активизации уплотнения грунта.....	72
6.3. Состояние текучести уплотняемого материала под действием нормальных и касательных напряжений.....	79
6.4. Исследование взаимодействия, ведущего и ведомого вальцов катка с уплотняемым материалом .....	81
6.5. Взаимосвязь параметров катка и толщины слоя уплотняемого материала .....	97
6.6. Обоснование рабочей скорости и амплитуды колебаний вальцов.....	101
6.7. Определение требуемого числа проходов катка .....	104

6.8. Определение характеристик уплотнения материала в процессе укатки.....	107
6.9. Управление вектором силового воздействия вальца .....	112
6.10. Управление процессом укатки .....	118
6.11. Выводы по главе .....	122
<b>7. КОНСТРУКЦИИ КАТКОВ, МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ, РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ</b> .....	123
7.1. Гладковальцовые катки.....	123
7.1.1. Статические гладковальцовые катки.....	123
7.1.2. Вибрационные гладковальцовые катки .....	126
7.1.2.1. Катки с круговой (ненаправленной) вибрацией.....	126
7.1.2.2. Катки с направленной вибрацией .....	129
7.1.2.2.1. Катки осциллирующие.....	130
7.1.2.2.2. Катки нутирующие.....	132
7.1.2.2.3. Каток с «перекошенным» вальцом .....	133
7.1.2.2.4. Каток (валец) с перекошенными торцами .....	134
7.1.2.2.5. Катки с управляемым вектором силового воздействия.....	135
7.1.3. Катки с пневмовакуумным балластным устройством (ПВБУ) .....	135
7.2. Кулачковые катки .....	137
7.2.1. Статические кулачковые катки .....	138
7.2.2. Вибрационные кулачковые катки.....	139
7.2.3. Кулачковые катки ударного действия.....	140
7.3. Ребристые, решетчатые, дисковые катки .....	141
7.4. Катки с многоугольными вальцами .....	143
7.5. Пневмошинные и гидрошинные катки.....	145
7.5.1. Пневмошинные катки статического и вибрационного действия на шинах низкого давления .....	145
7.5.2. Каток на авиационных шинах .....	152
7.5.3. Вибрационный гидрошинный каток .....	155
7.5.3.1. Конструктивная схема вибрационного гидрошинного вальца.....	157
7.5.3.2. Методика выбора параметров .....	162
7.5.3.3. Типы жидкостей для шин .....	163
7.5.3.4. Выбор шин .....	163
7.5.3.5. Обоснование величины давления в шинах .....	164
7.5.3.6. Масса вальца и катка, направление приложения возмущающей силы, частота и амплитуда вибрации .....	165
7.5.3.7. Основные параметры катка .....	166
7.6. Комбинированные катки.....	166
7.7. Катки с обрешеченными вальцами .....	167
7.8. Катки, саморегулирующие уплотняющие давления .....	169
7.8.1. Катки, саморегулирующие уплотняющие давления от прохода к проходу (многопроходные) .....	170
7.8.1.1. Методика расчета параметров.....	172
7.8.1.2. Конструкции экспериментальных образцов.....	173
7.8.1.3. Методика проведения производственных испытаний.....	179
7.8.1.4. Результаты производственных испытаний .....	182
7.8.2. Каток однопроходного уплотнения.....	194
7.8.3. Уплотняющие средства с использованием электрического поля .....	199

7.8.4. Каток С.А. Потапенко .....	200
7.8.5. Рекуперативный каток .....	201
7.8.6. Каток с перфорированными вальцами .....	202
7.8.7. Выводы по главе .....	204
<b>8. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА, РАСШИРЯЮЩИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ КАТКОВ .....</b>	<b>206</b>
8.1. Устройство контроля уплотнения .....	206
8.2. Устройство очистки вальца от налипающего грунта.....	209
8.3. Бандаж к вальцу дорожного катка .....	210
8.4. Стенд для испытаний катков .....	212
8.4.1. Цель и задачи создания стенда.....	212
8.4.2. Обоснование конструкции .....	212
8.4.3. Расчет основных параметров .....	213
8.4.4. Технология применения .....	216
8.5. Выводы по главе .....	217
<b>9. ВЫБОР МЕТОДА УПЛОТНЕНИЯ И ПОДБОР СОСТАВА ОТРЯДА КАТКОВ ПО ТИПАЖУ И КОЛИЧЕСТВУ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ ОПЕРАЦИИ УКЛАДКИ УПЛОТНЯЕМОГО МАТЕРИАЛА. ПРОБНЫЕ УКАТКА, УКЛАДКА .....</b>	<b>218</b>
9.1. Метод уплотнения и подбор отряда катков .....	218
9.2. Пробные укатка, укладка .....	225
9.3. Выводы по главе .....	226
<b>10. ПРИМЕНЕНИЕ КАТКОВ ПРИ УСТРОЙСТВЕ РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ .....</b>	<b>227</b>
10.1. Земляные работы.....	227
10.1.1. Основание земляного полотна, в том числе выемки .....	227
10.1.2. Насыпь из песчаных, песчано-пылеватых, суглинистых и глинистых грунтов .....	227
10.1.3. Засыпка тела водопропускных труб и устоев мостов.....	232
10.2. Основания .....	233
10.3. Слои дорожной одежды из битумоминеральных смесей .....	240
10.4. Выводы по главе .....	258
<b>11. ОСОБЕННОСТИ ПОДБОРА СОСТАВА ОТРЯДОВ КАТКОВ ДЛЯ РАБОТ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ.....</b>	<b>259</b>
11.1. Уплотнение грунтов земляного полотна.....	259
11.2. Щебеночные основания .....	261
11.3. Организация работ при строительстве асфальтобетонных покрытий в холодное время года .....	262
11.3.1. Подготовка асфальтобетонных заводов и средств механизации к работе.....	263
11.3.2. Подготовка основания .....	264
11.3.3. Перечень мероприятий при устройстве слоев оснований и покрытий из горячих асфальтобетонных смесей, при пониженных, положительных и отрицательных (до $-10^{\circ}\text{C}$ ) температурах воздуха.....	265
11.4. Выводы по главе .....	266
<b>12. НОРМАТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ. ССЫЛКИ НА ТРЕБОВАНИЯ.....</b>	<b>267</b>
<b>13. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УКАТКИ .....</b>	<b>270</b>

14. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.....	271
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	272
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	273
Приложение 1 .....	273
Приложение 2 .....	275
Приложение 3 .....	277
Приложение 4 .....	283
Приложение 5 .....	285
Приложение 6 .....	292
Приложение 7 .....	294
Приложение 8 .....	298
Приложение 9 .....	299
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	309

## ВВЕДЕНИЕ

Процесс уплотнения дорожно-строительных материалов — важнейшая технологическая операция, от качества выполнения которой зависит прочность и устойчивость всей дорожной конструкции к воздействию эксплуатационных и климатических факторов.

Сегодня наиболее массовым средством уплотнения являются катки, в развитии которых наступил переломный момент, требующий глубокого переосмысления. Современные катки различных производителей строятся по одним и тем же схемам, имеют очень близкие параметры, углубляется чрезмерная специализация, растут масса и габариты даже у вибрационных моделей.

Обеспечение нормативной плотности сопряжено с некоторыми сложностями, обусловленными ее зависимостью от многих постоянно изменяющихся параметров: свойств уплотняемых материалов, толщины слоя, контактных давлений уплотняющего средства, его скорости, времени воздействия и т.п.

Все перечисленное приводит к большим экономическим и социальным издержкам. Возникшая проблема требует комплексного решения. Этому и посвящена данная монография. В ней системно рассмотрены следующие вопросы: история создания катков и их классификация, обзор научных исследований, свойства уплотняемых материалов, конструкции, все известные и предлагаемые методики расчета параметров, технологии применения, перспективы развития, дополнительные устройства (бортовые системы контроля укатки, бандажи и др.), расширяющие функциональные возможности катков, стенды для проведения заводских испытаний. Монография предназначена для разработчиков, производителей катков и эксплуатационщиков, будет полезна в науке и образовании.

# 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ УПЛОТНЕНИЯ

## 1.1. Определение процесса уплотнения, его цель и задачи

Уплотнение — процесс накопления материалом остаточных (пластических) деформаций, сопровождающийся уменьшением занимаемого им объема, снижением пористости и ростом таких его характеристик (свойств), как прочность, модули упругости и деформации, внутреннее трение, сцепление.

Целью уплотнения является повышение несущей способности слоя при минимальных затратах.

Достижение поставленной цели сопряжено с:

- изучением свойств уплотняемого материала (прочность  $\sigma_{np}$ ; модуль деформации  $E$ ; внутреннее трение  $\rho$ ; сцепление  $C$ ) в течение всего процесса;
- учетом природно-климатических факторов;
- обоснованием типа уплотняющего средства и основных параметров его работы с учетом вышеуказанных свойств материалов и факторов;
- проведением экспериментальной проверки.

## 1.2. Классификация катков и способов уплотнения. Вибрационное и статическое уплотнение. Затраты на уплотнение

Общее представление о способах уплотнения, машинах и конструкциях их вальцов (ведущих, ведомых, жестких, деформирующихся, гладких и с прерывистой рабочей поверхностью, разрезных и неразрезных и т. д.) дает их классификация (рис. 1.1). Уплотнение — самый доступный метод повышения несущей способности слоев дорожно-строительных материалов. Наименьшими затратами характеризуется укатка (по данным профессора Я.А. Калужского). Одним из самых старых способов уплотнения (более 2,5 тыс. лет) является статическая укатка, использующая для деформирования материала известный физический эффект — силу тяжести катка. Уплотняемый материал при этом оказывает наибольшее сопротивление деформированию вследствие высоких значений внутреннего трения  $\rho$  и сцепления  $C$ . Вибрационное уплотнение кроме силы тяжести использует дополнительный физический эффект — снижение внутреннего трения и сцепления в материале под действием вибрации. Первое снижается более интенсивно, чем второе. Поэтому под воздействием вибрации лучше уплотняются сыпучие материалы (пески, супеси, щебни, шлаки), чем связные. Этот способ уплотнения относительно молодой — существует чуть более века. Первые патенты на виброкатки появились в Германии в начале XX века, первые конструкции воплотились в металле после Первой мировой войны.

Известна вибрация: круговая, направленная (горизонтальная, наклонная, вертикальная), осциллирующая, нутирующая. Вибрационные катки непрерывно



совершенствуются, однако статические катки не исчезли, их производство вели и ведут такие известные фирмы, как «Раскат», «Завод дорожных машин» (г. Рыбинск), «Динапак», «Бомаг», «Хамм», «АБГ» и др. Это объясняется простотой конструкции, высокой надежностью и отсутствием вредного вибрационного воздействия на оператора и окружающие объекты, постройки, конструкции и конструктивные элементы как в границах отведенного участка производства работ, так и за его пределами. По данным фирмы «Амманн», ресурс непрерывной работы амортизаторов и подшипников виброкатков редко превышает 25 ч. Кроме того, в некоторых случаях применение вибрации нарушает исходный гранулометрический состав материала. К тому же сегодня появились статические катки нового поколения (адаптивные), не уступающие по эффективности вибрационным. В России затраты на уплотнение не превышают 1,5% в общем объеме затрат на строительство объекта, а в западных странах, где требования к качеству уплотнения значительно выше, — 3,2%.

Как отмечает профессор В.Д. Казарновский (ФГУП «СоюзДорНИИ»), для верхнего слоя земляного полотна в США, Германии, Франции принят максимальный коэффициент уплотнения 1,02; 1,03; 1,00 по методу Проктора. В Финляндии, где используется модернизированный метод Проктора (с увеличенной в 4,5 раза удельной энергией удара), эта цифра составляет 0,95. В пересчете на принятый в нашей стране метод, разработанный СоюзДорНИИ, это соответствует коэффициентам уплотнения 1,02; 1,03; 0,98; 1,01. Для сравнения, наибольший нормативный коэффициент, принятый в России, равен 1,00.

По данным канд. техн. наук М.П. Костельова (ЗАО «ВАД», г. С.-Петербург) и профессора Элька Рихтера из Эрфуртского технического университета (Германия), все (100%) дефекты и разрушения асфальтобетонных покрытий на дорогах мира возникают главным образом по трем причинам:

- низкое, в том числе неоднородное, качество уплотнения (50%);
- плохой подбор гранулометрического состава смеси или отступление от разработанных рецептов (30%);
- низкое качество материалов, входящих в состав смеси (щебень, песок, минеральный порошок, битум, добавки), и плохое обволакивание частиц смеси битумом при ее приготовлении на асфальтобетонном заводе (20%).

Это подтверждается данными, приведенными в табл. 1 и представленными на графике (рис. 1.2).

Анализ данных табл. 1.1 показывает, что при повышении коэффициента уплотнения от 0,99 до 1,02 прочность и долговечность асфальтобетонного покрытия возрастают приблизительно на 35 и 40% соответственно.

При этом резко уменьшается колееобразование. Из данных, представленных графически (см. рис. 1.1), видно, что по сравнению с нормативно уплотненным асфальтобетоном ( $K_y = 98,3\%$ , по Маршаллу) более плотный слой ( $K_y = 101\%$ ) выдерживает более чем четырехкратное увеличение числа циклов нагружения тестовым колесом до появления колеи одинаковой глубины. Это подтверждает важность повышения требований к качеству уплотнения. В процессе уплотнения характеристики материала изменяются. Увеличиваются внут-

ренное трение и сцепление, что вызывает увеличение прочности, модулей упругости и деформации. Растет также сдвигоустойчивость  $\tau_{\max}$  материала в соответствии с уравнением Кулона:

$$\tau_{\max} = N \cdot \operatorname{tg} \rho + C, \quad (1.1)$$

где  $N$  — вертикальные (нормальные) давления на площадке сдвига;  $\rho$ ,  $C$  — внутреннее трение и сцепление в материале.

**Таблица 1.1. Влияние качества уплотнения на прочность и долговечность асфальтобетона в дорожном покрытии и образование колес**

Параметр	Коэффициент уплотнения						
	0,95	0,97	0,98	0,99	1,0	1,01	1,02
Прочность, %	55–60	75	88	100	110	122	~135
Долговечность, %	40–45	70	85	100	112	125	~140
Количество проходов тестового колеса до появления колес (10, 15 или 20 мм, %, *)	40	57	69	100	180	300	~470

\*100% соответствуют 3100 (колея 10 мм), 5200 (15 мм) и 8500 (20 мм) проходам (циклам) тестового колеса.

Асфальтобетон грансостава 0/11 мм на битуме 863 и степени уплотнения 98,3%	
Глубина колес, мм	Нч тестового колеса при +60 °С, циклы
10	3100 (100%)
15	5200 (100%)
20	8500 (100%)

Рис. 1.2. Влияние качества уплотнения асфальтобетонного покрытия на скорость появления на его поверхности колес (шина гладкая) или на количество циклов нагружения тестовым колесом до появления колес глубиной 10, 15 или 20 мм (лабораторные опыты Э. Рихтера, обработка ЗАО «ВАД»)

Внешне это проявляется в снижении погружения вальца в материал и уменьшении волнообразования перед ним. Из-за этого, в свою очередь, уменьшаются пористость, определяющая долговечность и такие важные характеристики, как коэффициенты сопротивления качению и сцепления вальцов катка с уплотняемым материалом.

## 2. ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ. ТЕРМИНЫ

*Каток* — самоходная или несамоходная машина для уплотнения дорожно-строительных материалов, шасси которой является её рабочими органами.

*Грунты* — горные породы, образующие поверхностные слои земной коры, которые могут служить основанием или материалом для различных инженерных сооружений, в том числе автомобильных дорог и аэродромов. В соответствии с ГОСТ 25100-95 с изменениями от 19.04.2010 г., грунты — горные породы, почвы, техногенные образования, представляющие собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему и являющиеся объектами инженерно-хозяйственной деятельности человека. Для строительства используют следующие грунты:

- скальные (продукты разработки скальных массивов) — грунты, состоящие из кристаллитов одного или нескольких минералов, имеющих жесткие структурные связи кристаллизационного типа;

- крупнообломочные — несвязные минеральные грунты, содержащие более 50% по весу обломков кристаллических или осадочных пород с размерами частиц более 2 мм;

- песчаные — сыпучие в сухом состоянии, не пластичные, содержащие более 50% по весу частиц меньше 2 мм;

- глинистые, обладающие связностью в сухом состоянии с числом пластичности более единицы, при увлажнении теряющие прочность.

Среди свойств грунтов, определяющих их способность воспринимать внешние нагрузки, следует выделить плотность, влажность, гранулометрический состав, разрыхляемость, сопротивление сдвигу.

Под *плотностью* понимается масса единицы объема материала. В естественном залегании грунта это дает значение естественной плотности. При уплотнении различают требуемую плотность грунта и максимальную. Требуемую плотность определяют по максимальной плотности, установленной методом стандартного уплотнения в приборе СоюзДорНИИ. Плотность грунта зависит от влажности.

*Влажность* характеризует содержание воды в грунте, выраженное в процентах. В естественном залегании влажность грунтов подвержена значительным колебаниям относительно ее оптимального значения.

*Оптимальная влажность* — это влажность грунта, обеспечивающая наибольшую плотность его скелета при одинаковых энергозатратах на уплотнение.

Существует интервал допустимого изменения влажности, внутри которого требуемая степень уплотнения грунта может быть достигнута имеющимися средствами уплотнения. Величина этого интервала зависит от свойств грунта и потенциальных возможностей средств уплотнения. За его верхнюю границу для грунтов рабочего слоя (коэффициент уплотнения 1,00–0,98), по данным СоюзДорНИИ, можно принять следующие цифры: для супесей легких и пылеватых — 1,25; для супесей тяжелых пылеватых, суглинков легких и легких пылеватых —

1,15; для суглинков тяжелых и тяжелых пылеватых и глин — 1,05. Нижняя граница интервала требует экспериментального уточнения, хотя считается, что для песчаных грунтов она должна быть не ниже 80%, а для глинистых — не ниже 90% от оптимальной.

*Коэффициент уплотнения* — это отношение плотности материала, полученной в производственных условиях, к его максимальной плотности, полученной стандартным методом в условиях лаборатории.

*Укатка* — уплотнение катками дорожно-строительных материалов.

*Гранулометрический состав* грунта показывает содержание в нем частиц различных размеров, выраженное в процентах от общей массы.

*Разрыхляемость* — свойство грунта увеличивать свой объем при разработке рабочими органами строительных машин по сравнению с объемом, занимаемым в предыдущем состоянии.

*Сопrotивление сдвигу* — наибольшее касательное напряжение, которое может выдержать грунт без разрушения его структуры. Сопrotивление сдвигу принято описывать уже упоминавшимся уравнением Кулона.

*Щебень* — продукт дробления горных пород и последующего разделения его на фракции: 5 (3)–10; 10–15; 10–20; 15–20; 20–40; 40–80 (70) и смеси фракций от 5 (3)–20 мм, по ГОСТ 8267-93\*.

*Гравий* — горная крупнообломочная рыхлая порода, сложенная окатанными обломками пород, образовавшихся в результате естественного разрушения твердых горных пород.

*Шлак* — продукт химических и термических преобразований горных пород, образующийся при сжигании.

*Доменный шлак* — каменный материал, получаемый из отходов металлургического производства.

*Зола уноса* — тонкоизмельченный остаток, получаемый после сжигания угля или других твердых материалов.

*Эмульсия* — мелкодисперсная система, состоящая из двух взаимно нерастворимых жидкостей. Одна из них (дисперсная фаза) тонко измельчена (диспергирована) и находится в другой (дисперсионной среде в присутствии эмульгатора). Одна из жидкостей гидрофобна и не смачивается водой, в которой она диспергирована. При диспергировании битума или дёгтя в воде образуется эмульсия прямого типа, если диспергирована вода — это эмульсия обратного типа.

*Асфальтобетонная смесь* — рационально подобранный и приготовленный смешиванием в нагретом состоянии состав из щебня (гравия), песка, минерального порошка или без него, нефтяного битума и при необходимости различных добавок (поверхностно-активных веществ (ПАВ), пластификаторов, модификаторов битума, активаторов).

*Асфальтобетонный завод* — комплекс энергетического, технологического и вспомогательного оборудования для приготовления асфальтобетонных смесей, черного щебня и регенерации асфальтобетона.

*Асфальтобетон* — уплотненная до требуемой плотности асфальтобетонная смесь.

*Асфальтоукладчик* — машина, состоящая из самоходного шасси и рабочего оборудования, предназначенная для принятия, послойного распределения и предварительного уплотнения асфальтобетонной смеси.

*Перегружатель* — машина, состоящая из самоходного шасси и рабочего оборудования, предназначенная для принятия, дополнительного перемешивания и бесконтактной подачи асфальтобетонной смеси в бункер асфальтоукладчика. Исключает температурную и уменьшает гранулометрическую сегрегации асфальтобетонной смеси, обеспечивает равномерность движения укладчика.

*Сегрегация температурная* — неоднородность распределения температуры смеси по ее объему.

*Сегрегация гранулометрическая* — неоднородность смеси по гранулометрическому составу (расслоение смеси).

*Сегрегация по плотности* — неоднородность распределения плотности по уложенному и уплотненному слою материала (возникает как следствие двух предыдущих видов).

*Сегрегация по прочности* — неоднородность распределения прочности по уложенному и уплотненному слою материала (возникает как следствие трех предыдущих видов).

### 3. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ДОРОЖНЫХ КАТКОВ

#### 3.1. Катки за рубежом

Как уже говорилось, уплотнением строительных материалов занимались во времена Александра Македонского и позднее при строительстве дорог Римской империи [1]. Использовались каменные и деревянные катки, ведомые животными. После заката Римской империи в Западной Европе (в период феодальной раздробленности) о строительстве дорог никто и не помышлял. Первые упоминания об искусственном уплотнении грунта встречаются, по мнению проф. В.Ф. Бабкова, во французском источнике 1698 года [2]. Вначале предполагалось, что предварительное трамбование грунта менее эффективно, чем последующее уплотнение под влиянием природных факторов и колес повозок. К концу века это мнение изменилось, и в работе [3], опубликованной в 1787 году, признавалась необходимость предварительного уплотнения, так как о неоднородности уплотнения грунтов повозками указывалось в работе [4], датированной 1773 годом. Сегодня не представляется возможным установить, как в Западной Европе появились катки. Возможно, о них узнали из трудов античных времен, которые не дошли до нас. Идея создания катка могла родиться и из наблюдения за движением по грунту колес повозок, конструкция которых развивалась в направлении увеличения массы и размеров колес. К примеру, в 1621 году в Англии запрещалось строительство четырехколесных повозок массой более 1 т [1]. В 1662 году масса выросла до 1,5 т летом и 1 т зимой. Не разрешалось запрягать более семи лошадей, ширина обода колеса составляла не менее 4,5 дюйма (11,5 см). В 1719 году ширину обода уменьшили до прежней величины — минимум 2,5 дюйма (6,4 см), при массе повозки не более 3 т. В 1753 году законом было установлено, что повозки, запряженные пятью и более лошадьми, должны иметь ширину обода колес шириной 9 дюймов (23 см) [5]. Приблизительно в это же время была установлена ширина обода в Австрии 6 дюймов (15,2 см) при массе 60 ц и во Франции — 5 дюймов (13 см) [6]. В 1806 году парламент Англии ввел ограничение нагрузки на один дюйм ширины обода: не более 280 фунтов, т. е. 500 Н/м. Видимо, можно думать, что такой известный параметр современных катков, как удельная линейная нагрузка, ведет свою родословную с этих времен. В то время уже имелись повозки грузоподъемностью 8–10 т, при ширине обода 16 дюймов (41 см) для 8–12 лошадей. Одна из таких повозок приведена на рис. 3.1, взятом из [1]. Диаметр колеса никак не регламентировался.

Идея укатки строительных материалов в Западной Европе, по-видимому, появилась впервые в конце XVII века. В 1725 году Яков Леопольд предлагал использовать для уплотнения железные катки [1]. В Париже (1787) применяли чугунные катки массой 3,5 т. Работами руководил Цессарт. В 1829 году французский инженер Полонсо уплотнял щебень дубовым катком массой 3 т. В последних проходах ее увеличивали до 4,5 т. В середине вальца окованные железными обручами дубовые брусья имели вогнутость глубиной 3,2 см, длина вальца составляла 1,6 м, диаметр — 2,1 м. В торцах вальца имелись отверстия для утяжеления песком или гравием до 6 т [7]. Во второй половине XIX века стал известен конный каток Шатенмана: чугунный цилиндр, рама с деревянным ящиком для

песка и даже тормоз. Серьезное усовершенствование катков произошло с применением парового двигателя. В 1859 году появился каток Лемуана с тремя последовательно расположенными вальцами. Средний ведущий валец имел больший диаметр, чем остальные. Это позволяло в какой-то мере регулировать уплотняющее давление, так как в первых проходах за счет большой деформации материала с ним контактировали все вальцы. По мере уплотнения деформации уменьшались и в контакте участвовали только два вальца — средний и передний управляемый. Видимо, в это время начались поиски рациональной компоновочной схемы катков, которые не окончились по сей день.

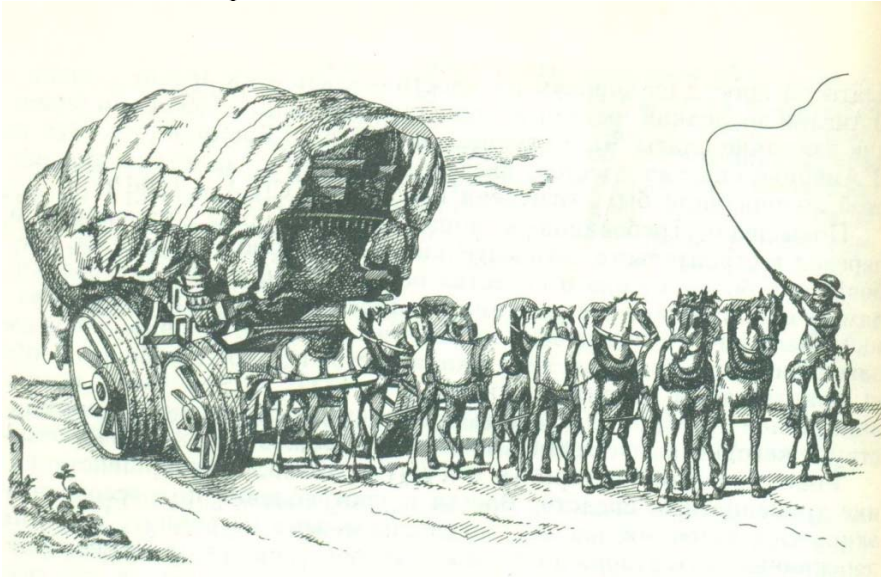


Рис. 3.1. Тяжелая повозка с широкими колесами

Двухвальцовыми (рис. 3.2) были каток Баллезона [8] и каток Желлера (рис. 3.3), выпускаемые во Франции. Появился даже термин, обозначающий схему катка — каток французского типа. В Англии придерживались другой схемы, показанной на рис. 3.4.

Катки Эвелинга и Портера были трехвальцовыми. Методом проб и ошибок подбирали массу катка, например, каток Дрелинга выпускался массой 26–40 т и дробил щебень. Использование паровой тяги (рис. 3.5) на таких машинах ограничивалось большим расходом топлива, иногда на один час работы требовалось до 300 кг и более дров.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)