

Содержание дисциплины «Путевые машины» .

**Железнодорожный транспорт,
как важнейшая отрасль народного хозяйства.**

Структура управления путевым комплексом.

Элементы ж.-д. пути.

Состав путевых работ:

по техническому обслуживанию,

их классификация, объемы, трудоемкость.

Условия и способы применения путевых машин.

1. Цели и задачи дисциплины

- • Предметом изучения дисциплины являются понятия, теоретические модели, конструкция путевых машин, включая вопросы, связанные с путевой машиной, как единицей железнодорожного подвижного состава СССП, конструкцию рабочих органов, приводов и систем управления, технологию выполнения основных рабочих операций.
- • Цель преподавания дисциплины состоит в том, чтобы студент изучил теорию рабочих процессов, устройство, системы привода и управления, методы расчета и применение современных путевых машин и оборудования.
- • Задачи дисциплины - дать основы для эффективного применения полученных знаний при проектировании и эксплуатации путевых машин и оборудования на железных дорогах и в

Литература

(Основная)

1. Путевые машины. Учебник для студентов вузов ж.-д. транспорта. /Соломонов С.А., Попович М.В., Бугаенко В.М. и др. Под ред. С.А. Соломонова. - М.: Транспорт, 2000. - 755 с.
- 2. **Путевые машины. Учебник для студентов вузов МПС. Под ред. Проф. М.В. Поповича. - М.: Издательский дом «Транспортная книга», 2009. – 820 с.**

(Дополнительная)

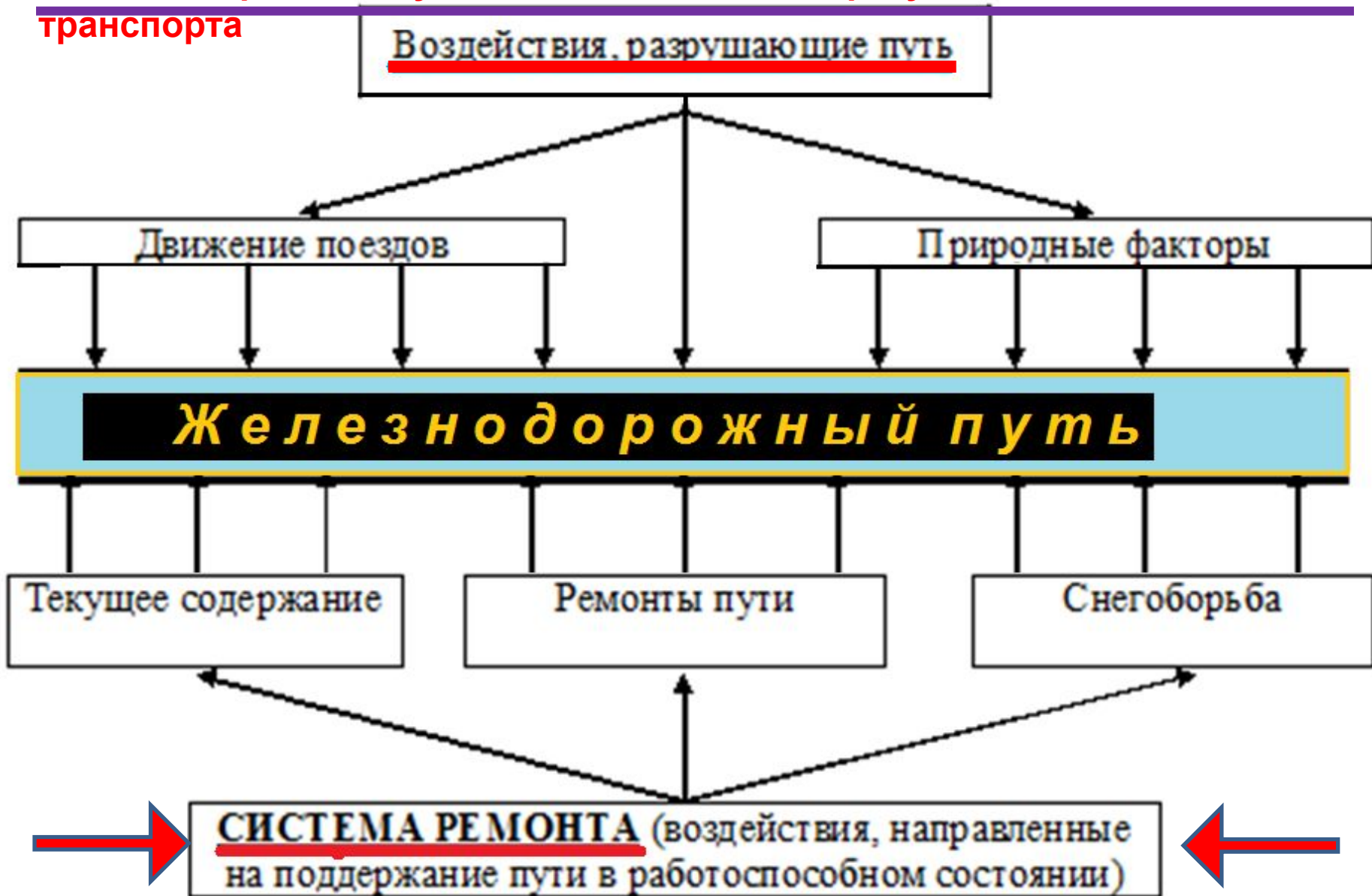
- 1. Машины и механизмы для путевого хозяйства. Под ред. С.А. Соломонова. - М.: Транспорт, 1984. - 440 с.
- 2. Балластировочные, щебнеочистительные машины и хоппер-дозаторы. С.А. Соломонов. - М.: Транспорт, 1991. - 336 с.
- 3. Технология, механизация и автоматизация путевых работ. Под ред. Э.В. Воробьева, К.Н. Дьякова. - М.: Транспорт, 1996. - 375 с.
- 4. Путевое хозяйство. Под ред. И.Б. Лехно. - М.:Транспорт, 1990.
- 5. ~~Проектирование путевой машины.~~ /Попович М.В., Волковойнов Б.Г., Попович А.М. Под ред. М. В. Поповича. - СПб.: ПГУПС, 1999. - 42 с.
- 6. Расчет устойчивости путевой машины. / М.В. Попович, Б.Г. Волковойнов. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Путевые машины». – СПб: ПГУСП, 1993. – 57 с.
- 7. Тяговый расчет путевой машины. / М.В. Попович, Б.Г. Волковойнов. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Путевые машины». – СПб: ПГУСП, 1994. – 31 с.
- 8. Расчет габаритов путевой машины. / М.В. Попович, Б.Г. Волковойнов. Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Путевые машины». – СПб: ПИИЖТ, 1992. – 24 с.
- 9. Механизированная выправка и подбивки железнодорожного пути. Учебное пособие. Ч. 1, 2. Под ред. М.В. Поповича. – СПб.: Типография ПГУПС, 2003.
- 10. Путевые машины для выправки железнодорожного пути, уплотнения и стабилизации балластного слоя. Технологические системы. Уч. пособие. / М.В. Попович, В.М. Бугаенко, В.Б. Бредюк и др. Под ред. М.В. Поповича, В.М. Бугаенко. –г. Иваново, ОАО «Ивановская областная

Структу

ра

факторов, воздействующих на путь и система
восстанавливающая ресурс ж.-д. пути

Железнодорожный путь является системообразующим элементом ж.-д. транспорта



Общие сведения о железнодорожном пути




- Железнодорожный путь представляет собой сложный многоэлементный комплекс инженерных сооружений и устройств, образующих дорогу с направляющей рельсовой колеей. Элементы железнодорожного пути работают в исключительно тяжелых условиях под воздействием высоких по уровню статических и динамических нагрузок, в зоне упругих и остаточных деформаций.
- Железнодорожный путь состоит из верхнего строения (рельсошпальная решетка в балластной призме, стрелочные переводы (пересечения), уравнильные приборы на мостах), непосредственно воспринимающего усилия от колес подвижного состава и направляющего их движение, и нижнего строения (земляное полотно), служащего основанием для верхнего строения и искусственных сооружений (мостов, путепроводов, водопропускных труб, тоннелей, подпорных стенок, переездов с сигнализацией и др.).
- Основная задача пути - воспринимать, упруго перерабатывать и распределять силовые воздействия подвижного состава на балластный слой и земляное полотно наиболее равномерно, обеспечивая непрерывность и безопасность движения поездов.

Состав путевых работ

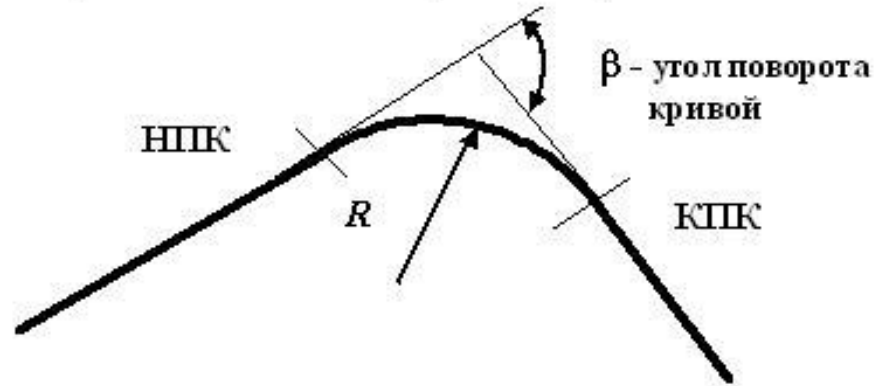
- В процессе работы железнодорожного пути под поездной нагрузкой происходит естественный износ его составных элементов - рельсов, шпал, рельсовых скреплений, элементов стрелочных переводов. В балластном слое появляются остаточные деформации, которые накапливаются, как правило, неравномерно по протяжению пути и вызывают неисправности рельсовой колеи (**степени отступления от норм РК**) в продольном профиле, плане и по уровню в виде потайных толчков, местных просадок, перекосов и т.п.
- Для поддержания пути в исправном и работоспособном состоянии требуется выполнение массовых, тяжелых и трудоемких путевых работ: по 3-м проблемам ПХ: **1) Очистка щебня, 2) выправка пути, 3) уплотнение и динамическая стабилизация пути.**

Номенклатура путевых работ весьма обширна: на капитальном ремонте пути насчитывается - до **80 видов** работ, а на текущем его содержании - до **120 видов** работ. Все выполняемые работы можно сгруппировать в три группы:

Виды путевых работ

-  Работы по содержанию и ремонту земляного полотна, балластного слоя, водоотводных устройств и искусственных сооружений, например:
 - - зачистка и планировка откосов насыпей и выемок,
 - - зачистка и нарезка кюветов,
 - - планировка обочин земляного полотна и балластной призмы,
 - - вырезка и очистка загрязненного балласта,
 - - работы по устройству дренажей и др.
-  Работы по содержанию рельсошпальной решетки:
 - - выправка пути по уровню сплошь по всему участку или в местах просадок с подбивкой шпал и выправка пути в профиле,
 - - выправка пути в плане со сдвижкой или рихтовкой,
 - - перешивка пути, когда изменяется в плане только одна нитка
- при рихтовке,
 - - исправление подуклонки (затеска шпал, подкладка прокладок),
 - - перегонка шпал с установкой их по меткам эпюры,
 - - разгонка или регулировка зазоров в стыках рельсов, укрепление противоугонов и др.
-  Работы по замене изношенных элементов верхнего строения пути. Эти работы производятся в единичном порядке (единичная замена рельсов, шпал, креплений и т.д.) или производится сплошная замена элементов верхнего строения пути по всему участку работ с использованием комплекта путевых машин.

Планом линии называется горизонтальная проекция трассы. Основной характеристикой пути в плане является угол поворота линии.



Обозначения:

- НПК - начало переходной кривой,
- КПК - конец переходной кривой,
- β - угол поворота кривой, град.,
- R - радиус круговой кривой.

$$\beta = (2/s) \Sigma hi$$

Типы верхнего строения пути классифицируются по эксплуатационным условиям работы (грузонапряженности, скорости движения, нагрузки на ось) и характеристикам верхнего строения пути.

При изучении свойств стрел изгиба, измеренных от хорды ($a = 2s$, м; стандартная длина хорды, для которой производятся расчеты выправки пути $a = 20$ м) в средней её части, были установлены важные их свойства, среди них:

- сумма стрел изгиба в масштабе $2/s$ (где s - расстояние между точками деления кривой, м) равна углу поворота (в радианах) кривой в плане при прямых нулевых подходах кривой: $\beta = (2/s) \Sigma hi$.

Основная зависимость между

стрелами и сдвигами пути

получена

М. М. Зубовым (1915 год)

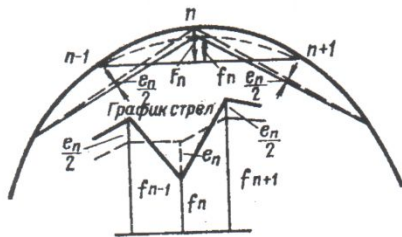


Рис. 37. Влияние сдвижки кривой в какой-либо точке на стрелы изгиба в соседних точках

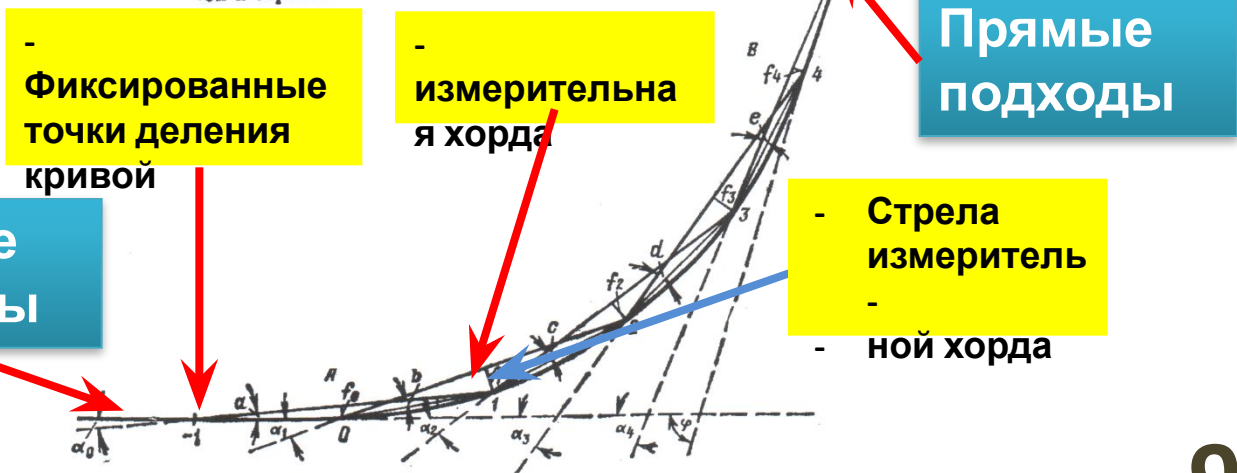
зависимость, которая изображена на рис. 37. Уменьшение стрелы изгиба в точке n на величину e_n приводит к увеличению стрел в смежных точках $n - 1$ и $n + 1$ на величину $\frac{1}{2} e_n$. А следовательно, когда точки $n, n - 1$ и $n + 1$ будут сдвинуты соответственно на e_n, e_{n-1} и e_{n+1} , стрела изгиба в точке n изменится и станет равной

$$F_n = f_n + e_n - \frac{e_{n-1} + e_{n+1}}{2}.$$

В расчетах выправки кривых используется также зависимость между величинами стрел, измеренных от одинаковых хорд, и углом поворота кривой.

Предположим, имеем кривую AB (рис. 38). Наметим на этой кривой точки деления на равном расстоянии друг от друга и отложим по одному делению на примыкающих прямых. Соединим точки деле-

Рис. 38. Зависимость между углом поворота кривой и стрелами изгиба



- Фиксированные точки деления кривой

- измерительная хорда

Прямые подходы

Прямые подходы

- Стрела измерительной хорды

Отсюда вытекает, что разница в величинах эвольвент, т. е. сдвига любой точки кривой из сбитого (натурного) положения в проектное, равна удвоенной сумме сумм разностей натуральных и проектных стрел кривой, взятых по всем точкам от начала кривой до рассматриваемой точки. В таком виде вывод расчетной формулы впервые дан проф. П. Г. Козийчуком.

Между сдвигами и стрелами кривой существует определенная зависимость, которая изображена на рис. 37.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛА ПОВОРОТА КРИВОЙ

Углом поворота кривой ω является угол между прямыми, сопрягаемыми данной кривой. Этот угол также называют углом поворота трассы.

Из рис. 32 видно, что тангенс ($\operatorname{tg} \varphi_n$) угла поворота хорды длиной s , соединяющей две соседние точки деления n и $n + 1$, относительно хорды, соединяющей точки n и $n - 1$, равен

$$\operatorname{tg} \varphi_n = \frac{2h_n}{s},$$

где h_n — стрела, замеренная в точке n от хорды длиной $a = 2s$.

Этот угол очень мал, поэтому тангенс его может быть принят равным самому углу, выраженному в радианах:

$$\operatorname{tg} \varphi_n = \varphi_n = \frac{2h_n}{s}.$$

Как видно из рис. 32, $\omega = \sum \varphi$; следовательно, подставив вместо φ его значение, получаем формулу (12);

$$\omega = \sum \frac{2}{s} h = \frac{2}{s} \sum h.$$

При расстоянии между точками деления $s = 10$ м

$$\omega = 0,0002 \sum h,$$

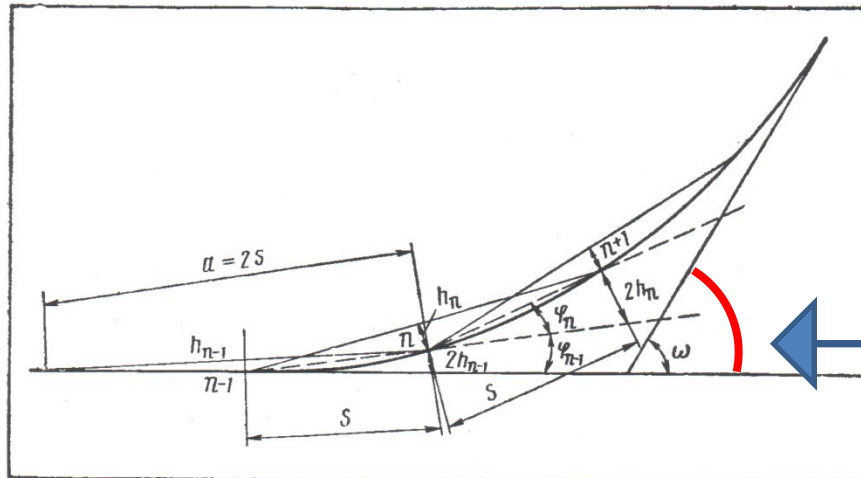
а при $s = 20$ м

$$\omega = 0,0001 \sum h.$$

При любой выправке кривой и при любом значении ее проектных стрел H центральный угол остается неизменным, поэтому

$$\omega = \frac{2}{s} \sum h = \frac{2}{s} \sum H;$$

$$\sum H = \sum h. \quad (43)$$



Угол поворота кривой

Угол поворота кривой в радианах, численно равен сумме стрел изгиба, измеренных от хорды постоянной длины в средней её части.

Рис. 32. Определение углов поворота кривой по стрелам изгиба

Основное направление развития железнодорожного пути ОАО «РЖД»

- 1. Рельсы Р65 Российские с увеличенной высотой головки;**
- 2. Шпалы железобетонные типа ШС, ШЗ-ДУ;**
- 3. Балластн. слой: щебень персп. куб. формы;**
- 4. Скрепл. упругие: ЖБР-ШД; АРС – 4; Пандрол;**
- 5. Путь бесстыковой (безбалластный путь для скоростных линий);**
- 6. Стрелочные переводы пологие М**

- **Рельсы**

- - рельсы Р50 (ГОСТ 7174-75), В=152мм, Г=70мм, П=132мм,
- - рельсы Р65 (ГОСТ Р 51685-2013), В=180мм, Г=73мм, П=150мм, (с увелич. высот. головки)
- - рельсы Р75 (ГОСТ 16210-77), В=192мм, Г=71,8мм, П=150мм.

- **Шпалы**

- Шпалы деревянные по ГОСТ 78-65 разделяются на обрезные (А) и не обрезные (Б).
- Шпалы железобетонные предварительно напряженные по ГОСТ 10629-78 (ж/б шпалы на сети МПС укладываются с 1959 года):
 - ШС-1, ШС-1у - для отдельных креплений КБ, - ШС-2, ШС-2у - для нераздельных креплений ПБ; специальные шпалы ШЗ-ДУ (для тяжелых условий работы пути).

- **Балластный слой**

- - щебень (30-60 мм) 1 категории по ГОСТ Р 54748-2011, (план выпуска куб. формы); - карьерный гравий ГОСТ 7394-70, - асбестовый балласт по ТУ 32 ЦП-254-72(замена на щерб.); - ракушка по ГОСТ 7395-70, - гравийно-песчаный балласт по ГОСТ 32-2-72.

- **Железнодорожный путь** характеризуется:

- - продольным профилем; - поперечным профилем; - планом линии;
- - типом верхнего строения пути.
- Продольным профилем пути называется - вертикальный разрез по трассе (по продольной оси пути земляного полотна), развернутый на плоскость.

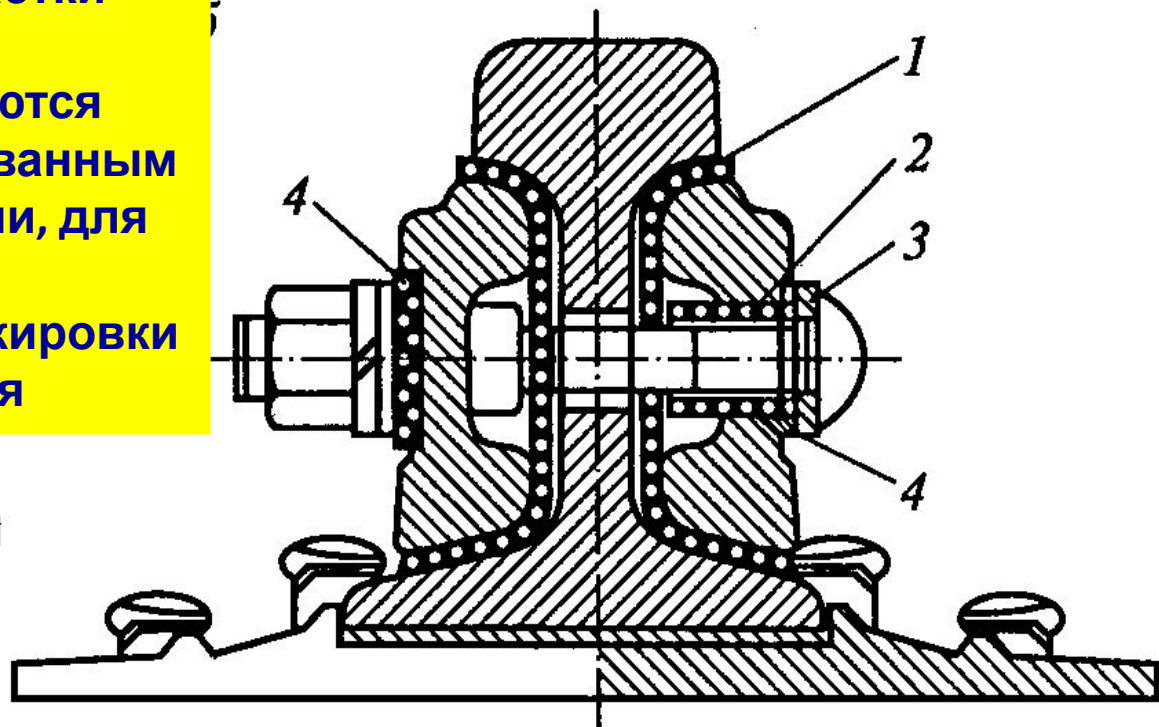
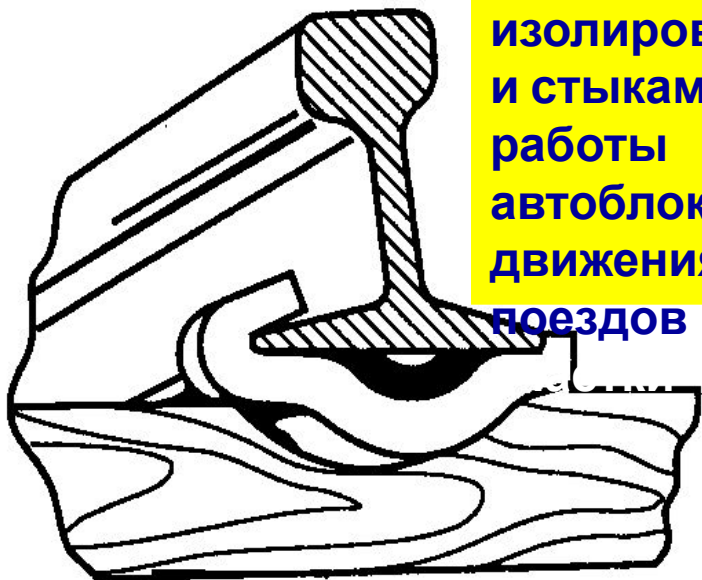
- **Продольный профиль** характеризуется наличием:

- - насыпей - нулевых мест - выемок

Элементы рельсовой колеи

a

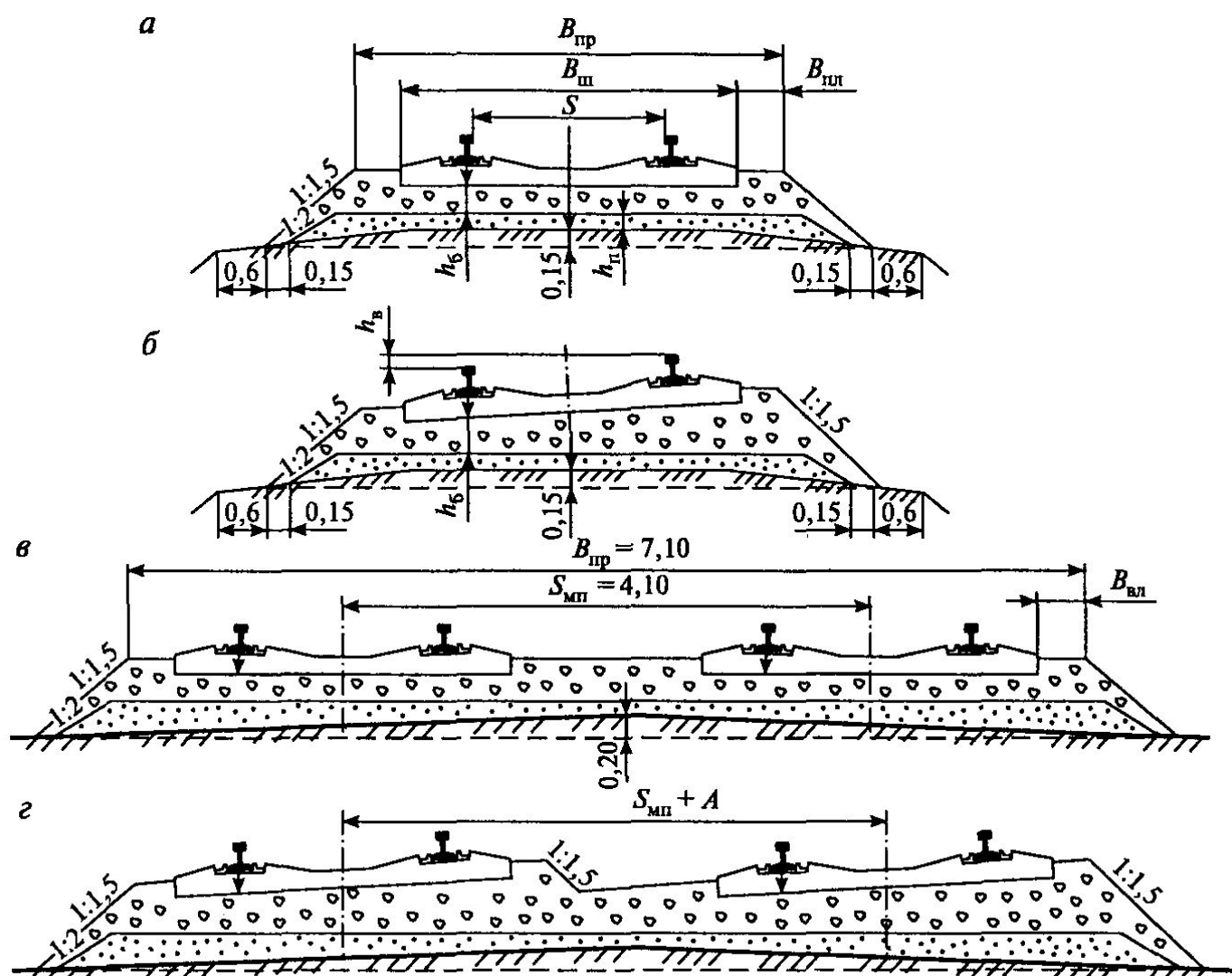
Блок-участки
пути
разделяются
изолированным
и стыками, для
работы
автоблокировки
движения
поездов



Элементы рельсовой колеи:

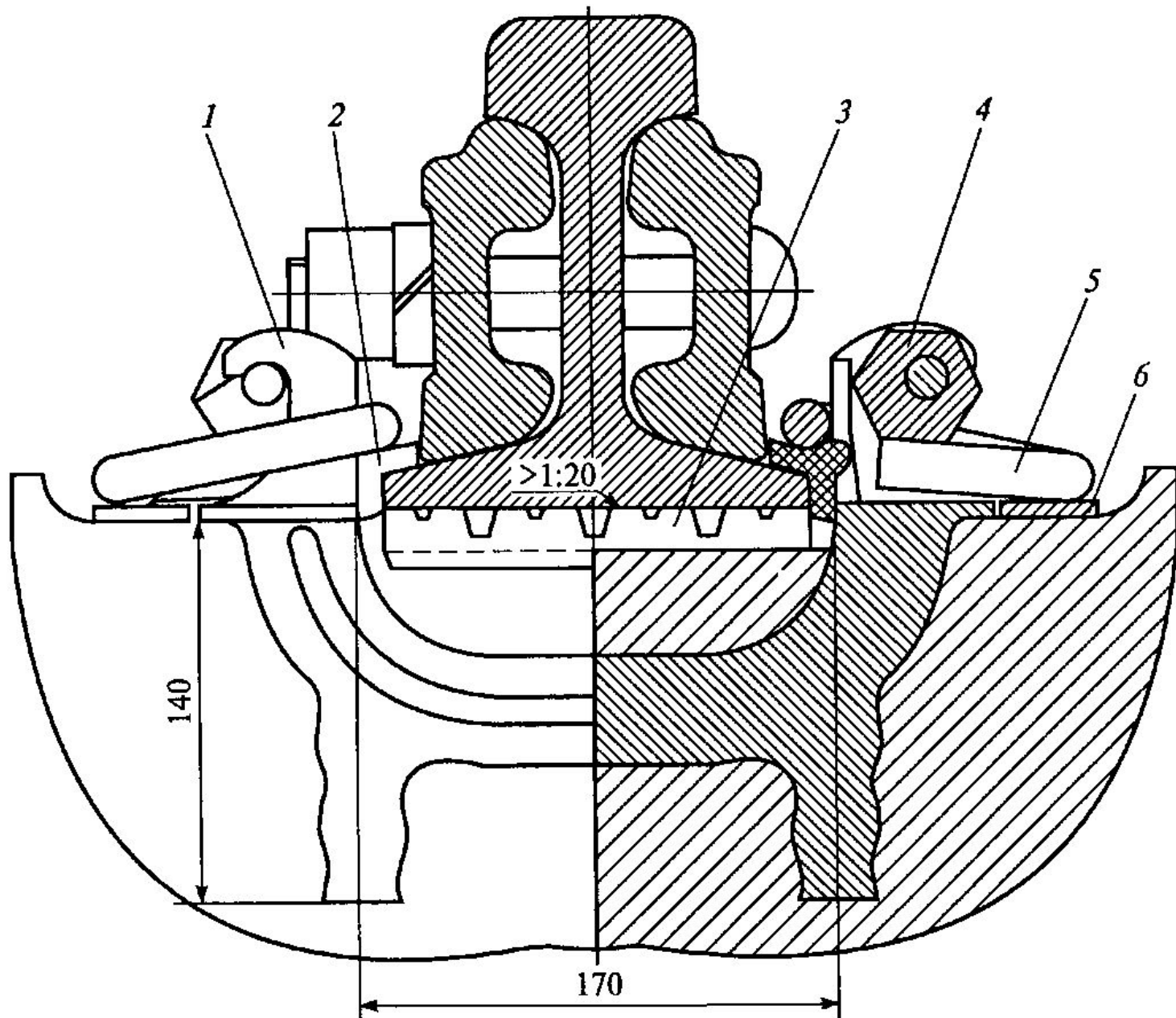
a — пружинный противоугол; *б* — изолирующий рельсовый стык; 1 — боковая прокладка; 2 — втулка; 3, 4 — соответственно стопорная и изолирующая прокладки

Типовые профили балластной призмы



Типовые поперечные профили балластной призмы железнодорожного пути: однопутный (а, б) и двухпутный (в, г) участки, соответственно в прямой и кривой; $S = 1520(+8, -4)$ — ширина колеи, мм; $B_{ш}$ и $h_{в}$ — длина шпалы и возвышение наружного рельса в кривой; $B_{пр}$ и $B_{пл}$ — ширина балластной призмы поверху и размер плеча; $h_{б}$, $h_{п}$ — толщина балластного слоя и песчаной подушки; $S_{мп}$, A — расстояние между осями соседних путей и его увеличение в кривых и на скоростных линиях

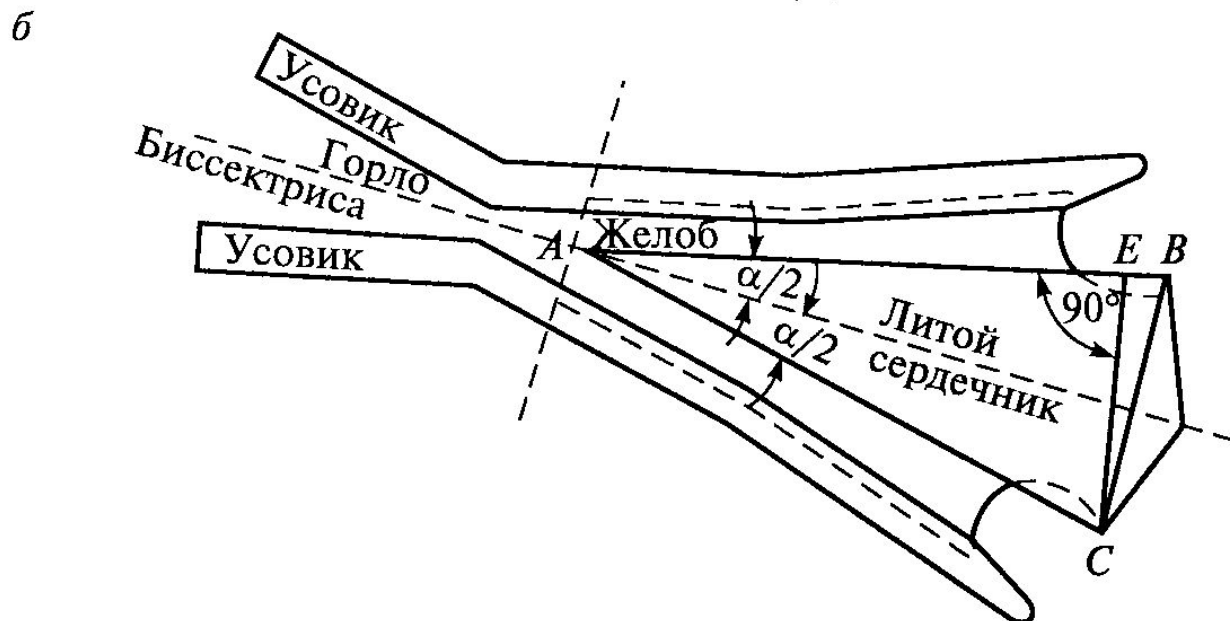
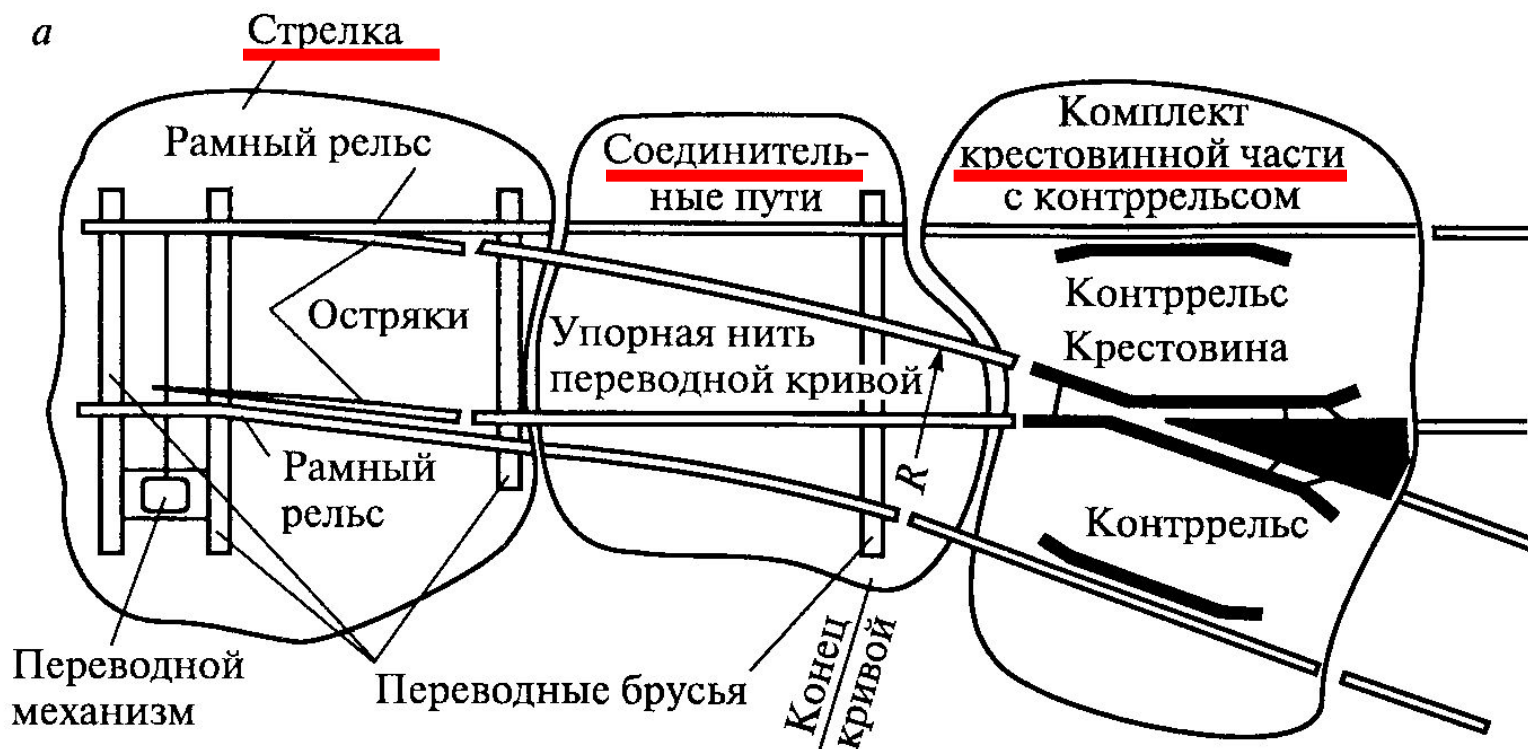
Рельсовые скрепления типа АРС-5



Анкерное рельсовое скрепление типа АРС-5:

1 — анкер; 2 — изолирующий уголок; 3 — подрельсовая прокладка; 4 — монорегулятор; 5 — пружинная клемма; 6 — подклеммник

Одиночный стрелочный перевод (разделяется на блоки)



Схемы одиночного стрелочного перевода (а) и крестовины (б)

Общие положения и

Положение рельсовых нитей железнодорожного пути описывается в прямоугольной системе координат $OXYZ$ (см. рис. 10.1), где ось X направлена по продольной оси пути на уровне верха головки рельсов, ось Y — перпендикулярно оси пути в горизонтальной плоскости, ось Z — нормально к указанной плоскости. Железнодорожный путь выправляют в трех плоскостях. Выправка пути — это технологический процесс перемещения РШР из натурного положения, характеризуемого отклонениями от норм содержания рельсовой колеи, в другое, соответствующее проектному. Выправка пути в плане — в плоскости OXY называется рихтовкой, в продольной вертикальной плоскости OXZ — нивелировкой, в поперечной вертикальной плоскости OYZ — установкой рельсовых нитей по уровню.

Под выправленную РШР подбивкой подводится

остатки деформации накапливаются в виде:

1. Просадок односторонних и двухсторонних,
2. Перекосов (односторонних и двухсторонних на базе $L > 20$ м),
3. Сдвижек в плане,
4. Динамических неровностей, проявляющих себя только под действием поездной нагрузки.

Для обеспечения плавного и безопасного движения поездов возникает необходимость устанавливать рельсошпальную решетку в требуемое положение и одновременно её фиксировать за счет уплотнения балластного слоя.

Натурное положение рельсовых нитей РШР, характеризуемое отклонением от допусков и норм содержания, и проектное см. рис.1.

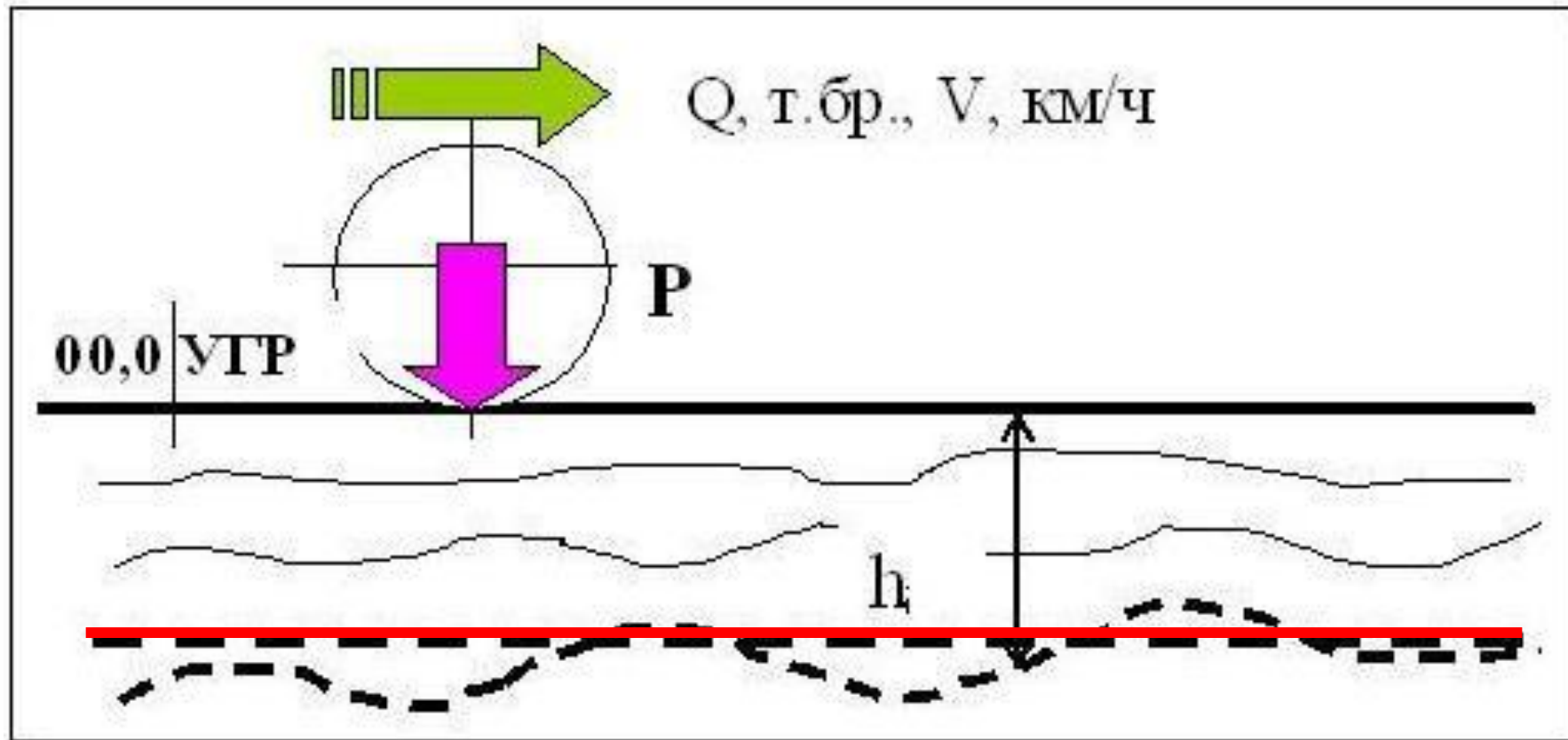
Нивелировка

Уровень

Рихтовка



Процесс накопления остаточных деформаций в балластном слое



$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum (h_i - h)^2}{(N - 1)}} > [\sigma_{dop}].$$

Распределение давления по элементам конструкции железнодорожного пути при взаимодействии колеса с рельсом

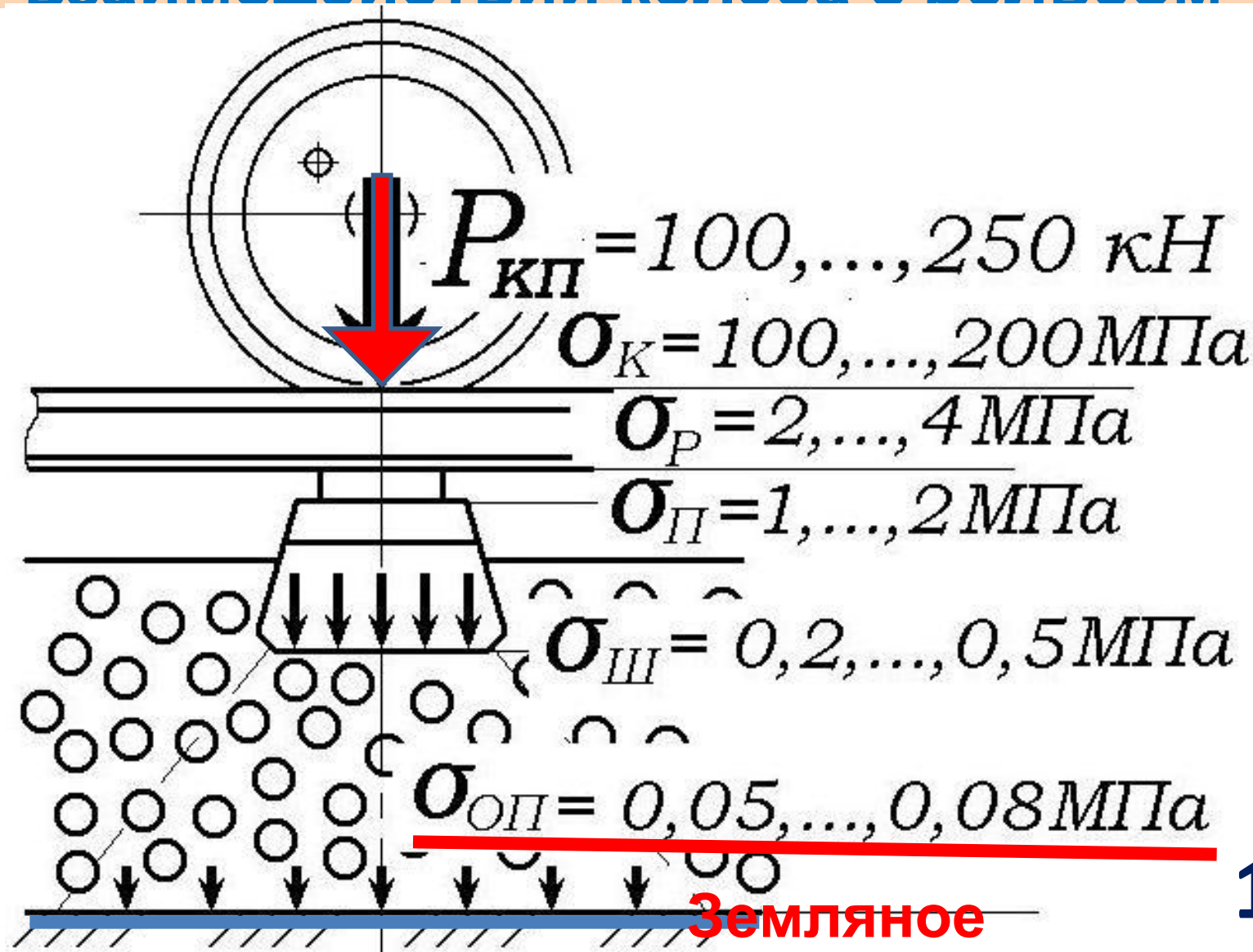
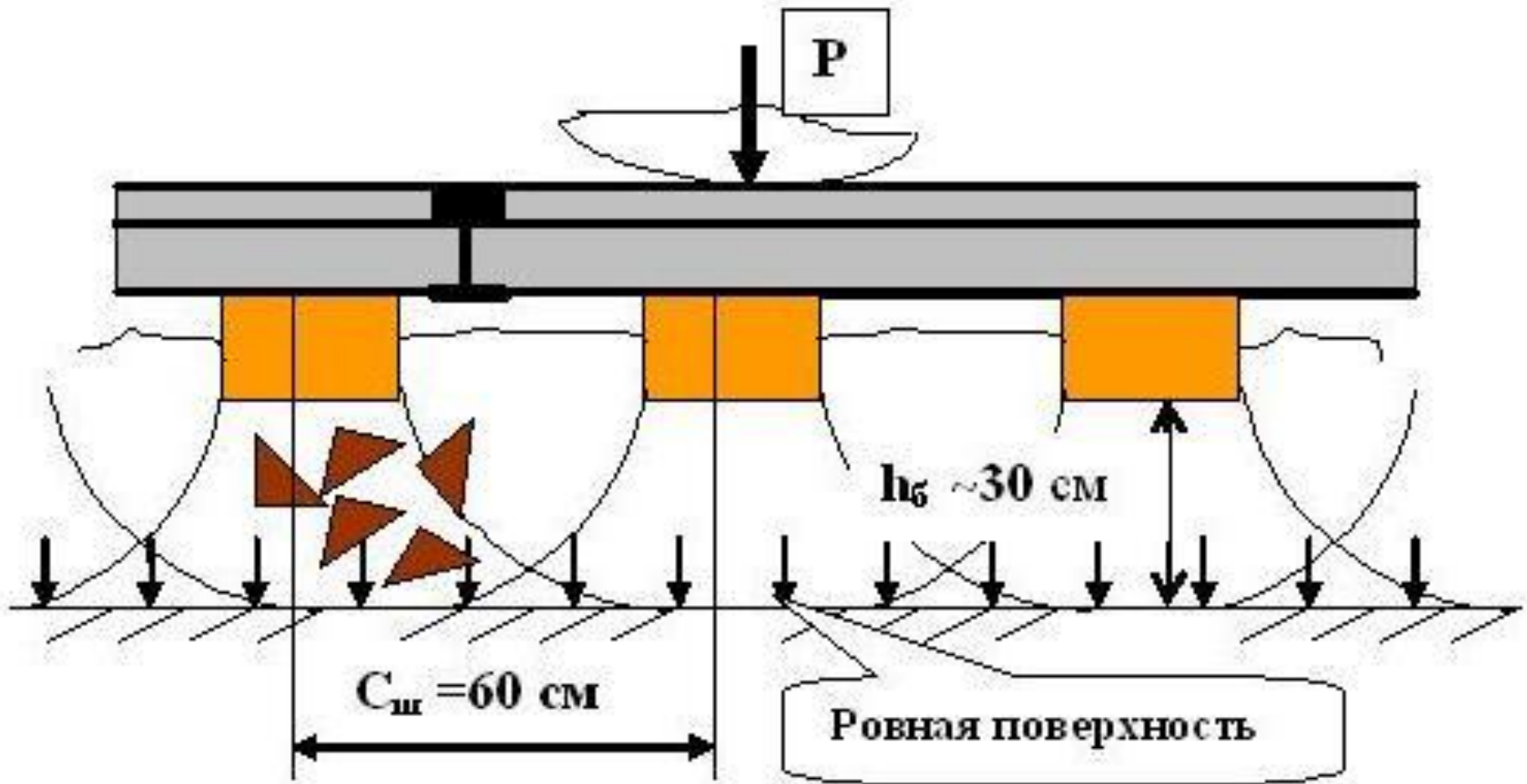


Схема распределения нагрузки на балластный слой



Земляное
полотно

Уплотнение балластного слоя

→ Уплотнение – процесс повышения плотности балластного слоя в единице объема (или концентрации частиц) за счет более плотной укладки частиц (упорядочения текстуры) под действием силовых факторов. Выправка пути и уплотнение (подбивка) выполняются

одновременно.

Основной первопричиной уплотнения является – относительные перемещения и поворот частиц балласта при силовом воздействии и перемещения и поворот частиц при обратной отдаче, т.е. при использовании двух видов перемещений: - прямого силового воздействия и - обратного пассивного, происходящего под действием сил упругости, веса, трения и инерции. В результате в поле сил тяжести частицы занимают наиболее устойчивое положение с низшим расположением центра тяжести и выходят из колебательного режима, образуя локальную структуру уплотненного ядра, работающего как сплошной массив.

Процесс уплотнения протекает во времени и в зависимости от характера силового взаимодействия.

Стабилизация балластного

слоя

→ Стабилизация – процесс повышения стабильности балластного слоя при воздействии силовых факторов. Стабильность – это сохранение устойчивого состояния к воздействию поездной нагрузки.

При уплотнении балластного слоя с физической точки зрения наблюдаются фазы (рис. 7):

★ **I фаза** - стабилизация, сходная с процессом диффузии (перетекание частиц балласта из более плотных зон в менее плотные);

★ **II фаза** - стабильность структуры, характеризуется колебательным процессом частиц массива и естественным износом пятен контакта между ними; происходит дальнейшее уплотнение слоя;

★ **III фаза** - при значительных нагрузках (статических или вибрационных), когда касательные силы по плоскостям скольжения превышают допустимые происходит разрушение структуры с разрушением частиц балласта и образованием новой структуры, устойчивость которой зависит от преваширования той или иной фазы уплотнения, времени воздействия и силовых факторов взаимодействия. Сказанное подчиняется закону Кулона

$$t = stgf + C$$

Графическая модель работы балластного слоя



Путевые машины относятся к самоходному (ССПС) или несамоходному (СНПС) специальному подвижному составу (СПС)

Для путевых машин и моторно-рельсового транспорта правилами технической эксплуатации (ПТЭ) железных дорог Российской Федерации ЦРБ-756 (2000 г.) введен термин специальный подвижной состав (СПС), с разделением на специальный самоходный подвижной состав (ССПС) и специальный несамоходный подвижной состав (СНПС). К самоходным путевым машинам и моторно-рельсовому транспорту, относящимся к ССПС, работающим на главных путях и оборудованным автоблокировкой, предъявляются повышенные требования по безопасности движения [4, 31, 50].

Для регулирования движения на железных дорогах России используют устройства трехзначной (красный, желтый, зеленый) автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа АЛСН. Внедряются новые двусторонние каналы передачи информации многозначной АЛС — АЛС-ЕН, устройства передачи данных по радиоканалу в диапазонах 160 и 460 МГц.

В рамках Государственной программы повышения безопасности движения поездов на железных дорогах России (1994 г.) осуществляется замена прежних устройств на более совершенные (КЛУБ, САУТ, ТС КБМ, АБТЦ-М и др.), выполненные на базе микропроцессоров (Институт ВНИИАС России и Ижевский радиозавод).

На сети дорог насчитывается около 100 типов путевых машин:

- для очистки балластной призмы – 19 типов;
- для ремонта земляного полотна – 7 типов;
- для дозирования, балластировки, отделки пути – 8 типов;
- тягово-энергетические модули – 6 типов;
- для укладки и разборки пути – 8 типов;
- для уплотнения балластной призмы, выправки и отделки пути – 21 тип;
- для контроля состояния пути – 7 типов;
- для уборки снега и засорителей – 9 типов;
- специализированные и погрузочно-транспортные – 15 типов.

Классификация путевых машин по

назначению

- 1.1. Машины для ремонта земляного полотна: - СС-1, СС-3, МОП, СЗП-600, МНК, КОМ-300, КТМ.
- 1.2. Машины для подъемки, дозировки балласта и распределения: - ЭЛБ-4, ПБ, ПРБ-1, ВЛМ-770;
- 1.3. Машины для очистки балласта: ЩОМ-Д, ЩОМ-4м, ЩОМ-ДО, СЧ-600, СЧ-601, СЧУ-800, - RM-80, УМ-1, УМ-2, УМС, ЩОМ-1200, СЧ-1200, ЩОМ-1200ПУ, RM-2002;
- 1.4. Машины для замены путевой решетки и стрелочных переводов: - УК-25/9-18, - МЦД-1, МЦД-2, - УК-25СП, УК-25/28СП, УК-25/25;
- 1.5. Машины для выправки, рихтовки пути и стрелочных переводов подбивки балласта: ВПР-02, - ВПРС-500, ВПРС-02, ВПР-03, ВПРС-03, Unimat 3S, Duomatic 09-32, 3X; ВПО-3000, ВПО-3-3000,
- 1.6. Машины для стабилизации балласта: - ДСП, ДСП-С, МДС, БУМ-1М, DGS-62N; ВПО-3000М.
- 1.7. Машины для ремонта рельсов, скреплений и содержания рельсовой колес:
 - ПРСМ-4, ПРСМ-5, ПРСМ-6- передвижная рельсосварочная машина;
 - ПМГ - путевой моторный гайковерт (Тихорецкий машзавод);
 - РОМ-3М, РОМ-4 - машина для нагрева и охлаждения СП-93 - кусторез;
- 1.8. Подъемно-транспортные машины и машины для доставки бригад монтеров пути к месту работы, транспортирования, погрузки и выгрузки МПТ-4, МПТ-6;
- 1.9. Тягово-энергетические транспортные модули - УТМ-1 (2, 3), ТЭУ;
- 1.10. Средства для контроля и диагностики состояния пути: - ЦНИИ-2, ЦНИИ-4МД, КВЛ-П2(3), ВИГО, ЛИГО, В-Д, ЭРА;
- 1.11. Машины для электрификации железнодорожного пути:
 - БМ, ВК-1, МКТС-1 - буровая машина, котлованокопатель
 - АДМс, АДМ-1М, АДМ-СКМ - автомотрисы монтажные контактной сети;
- 1.12. Машины для уборки пути от снега, льда и загрязнителей:
 - СДЦ, СДЦ-М, ЦУМЗ, СДЦ-2М - плужные снегоочистители,
 - СМ-2, СМ-3, СМ-4, СМ-5, СМ-6, СМ-2М, ПСС-1 - снегоуборочные машины, ЭСО-3, ЭСО-Щ, ФРЭС-2 - роторные и фрезерно-роторный снегоочиститель;
- 1.13. Путевой механизированный инструмент: - РМ-2, РМ-5ГМ, РА-2, РМК - рельсорезные станки;
- 1.14. – Специализированные поезда на жд транспорте: ПОЖАРНЫЕ, ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ, ПОЛИВОЧНЫЕ для удаления растительности на пути;

Видов путевых машин

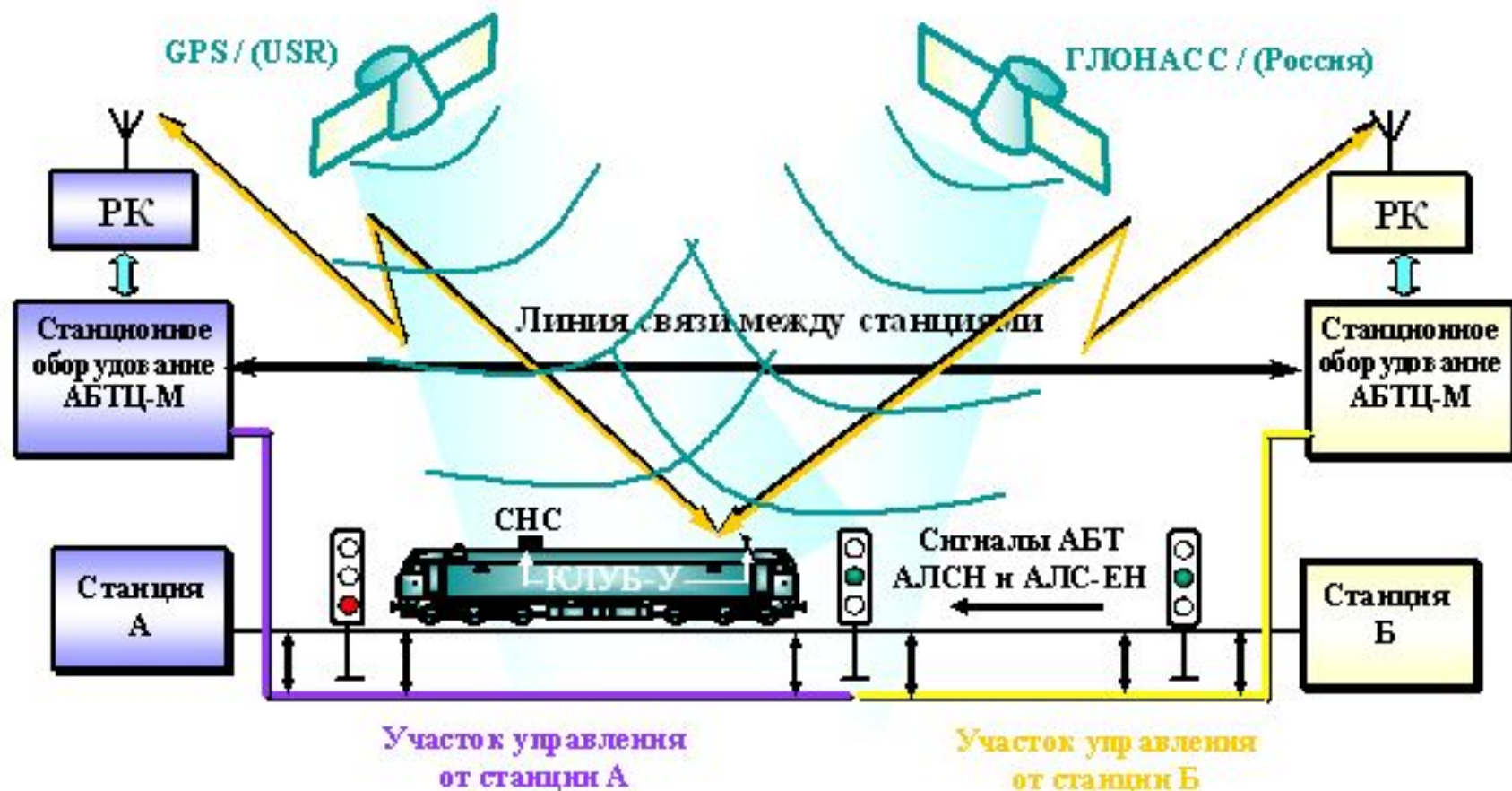
100

Типов мех. инструмент

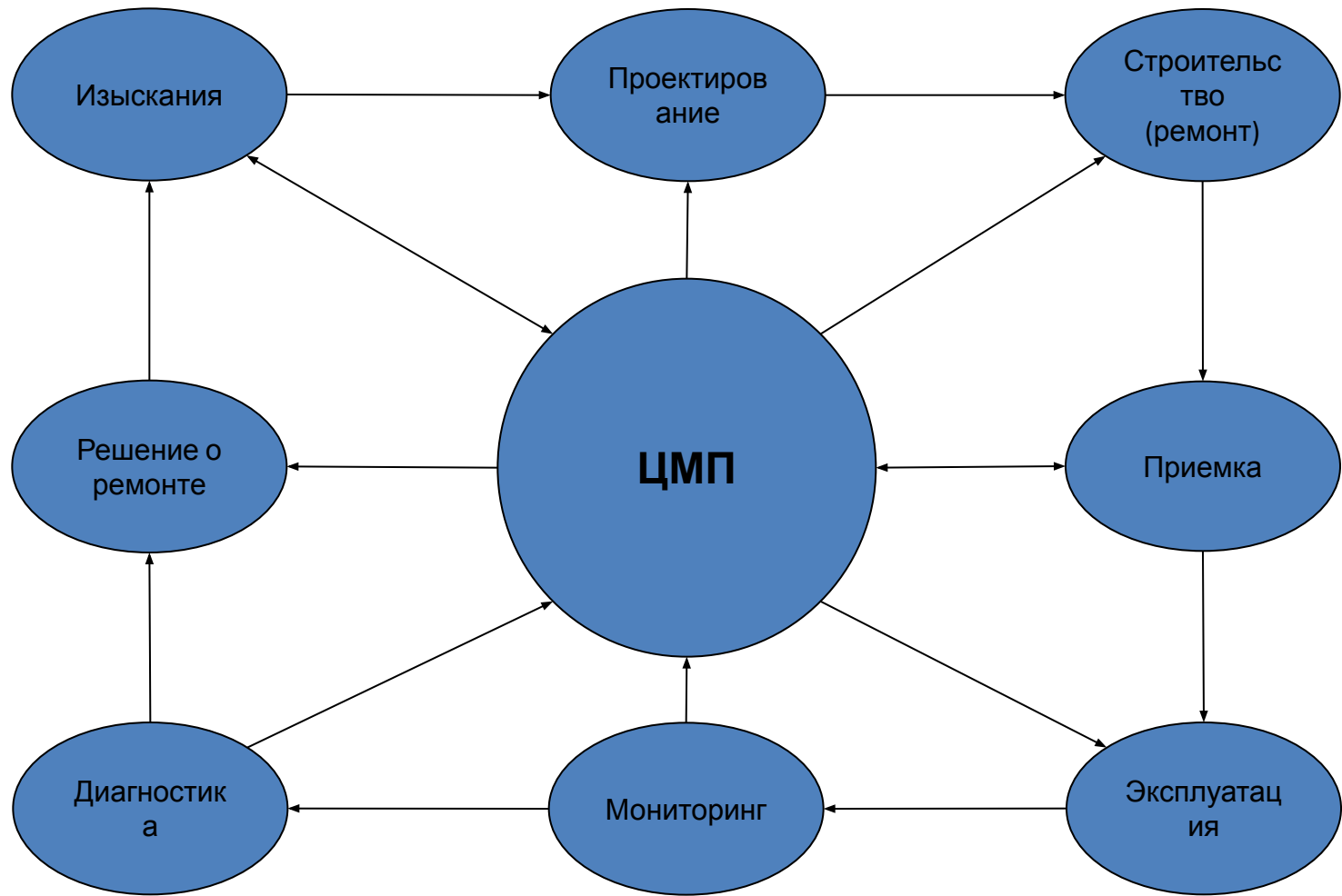
20

Всего ПМ: ~ 25000 экз.

Использование навигационных спутниковых систем



Системы интервального регулирования движения поездов на базе системы автоблокировки с тональными рельсовыми цепями, централизованным размещением аппаратуры и дублирующими каналами передачи информации микропроцессорной АБТЦ-М, цифрового радиоканала и комплексного локомотивного устройства безопасности КЛУБ-У.



Существующая технология

Координатный метод

