

# Контроль размеров строительного очертания подвижного состава метрополитена



**М. В. Попович,**  
канд. техн. наук.,  
профессор Петербургского  
государственного  
университета путей  
сообщения Императора  
Александра I (ПГУПС)



**Б. Г. Волковойнов,**  
канд. техн. наук.,  
доцент ПГУПС



**А. В. Атаманюк,**  
канд. техн. наук.,  
доцент ПГУПС



**М. Ю. Розов,**  
заместитель начальника  
ПТО ГУП «Петербургский  
метрополитен»

Ученые ПГУПС совместно со специалистами ГУП «Петербургский метрополитен» разработали методику определения положения выступающих угловых точек в контурах строительного очертания подвижного состава метро, используемого для перевозки пассажиров, а также для различных работ в хозяйстве метрополитена.

**К**онтроль размеров выступающих угловых точек подвижного состава метрополитена по контуру строительного очертания должен производиться на всех этапах его жизненного цикла в течение срока полезного использования. Особое значение контроль габаритов приобретает ввиду существенных ограничений поперечных сечений тоннелей и станций. В соответствии с требованиями ГОСТ 23961-80 [1] и Указаний Ц-Метро 3990 [2] контроль вписывания подвижного состава в габарит производится на стадии его изготовления, а также должен производиться на этапах приемки при поступлении в эксплуатирующую организацию метрополитена после изготовления или ремонта.

В процессе проектирования подвижного состава определяются его размеры по проектным очертаниям, которые получаются путем уменьшения поперечных размеров на величины плюсовых допусков на изготовление и ремонт. Контроль размеров производится по фактическому положению угловых точек в поперечном сечении, т. е. по контуру строительного очертания. При проектировании продольная плоскость симметрии подвижного состава на чертеже совпадает с продольной плоскостью пути. Реальная же единица подвижного состава на участке измерения имеет случайное положение корпуса относительно оси пути. Это приводит к необходимости при контроле поперечных размеров вводить поправки на его положение.

На железных дорогах в соответствии с ГОСТ 9238-83 действуют габариты приближения строений и габариты подвижного состава [3]. Все устройства и сооружения, которые не должны взаимодействовать с подвижным составом,

находясь за пределами габарита приближения строений. На метрополитене действуют габариты приближения строений ( $C_{mk}$ ,  $C_{мп}$  и  $C_{мс}$ ), габарит приближения оборудования  $O_m$  и габарит подвижного состава  $M$ . Габарит подвижного состава расположен внутри габарита приближения строений (рис. 1).

Для контроля вписывания в габарит подвижного состава необходимо построить строительное очертание в интересующем сечении расположения угловой точки и поместить внутри контур расчётного сечения подвижной единицы с указанием этой точки в горизонтальной координате  $X$  (мм), отсчитываемой от вертикальной плоскости симметрии корпуса, и в вертикальной координате  $Y$  (мм), отсчитываемой от уровня верха головок рельсов. Контролируется расположение угловой точки в контуре строительного очертания.

Определение и построение контура строительного очертания в соответствии со стандартной методикой ГОСТ 23961-80 сопряжено с выполнением трудоемких рутинных вычислений. При ручном способе их выполнения велика вероятность совершить вычислитель-



Рис. 1. Верхние очертания габарита приближения оборудования  $O_m$  и габарита подвижного состава  $M$

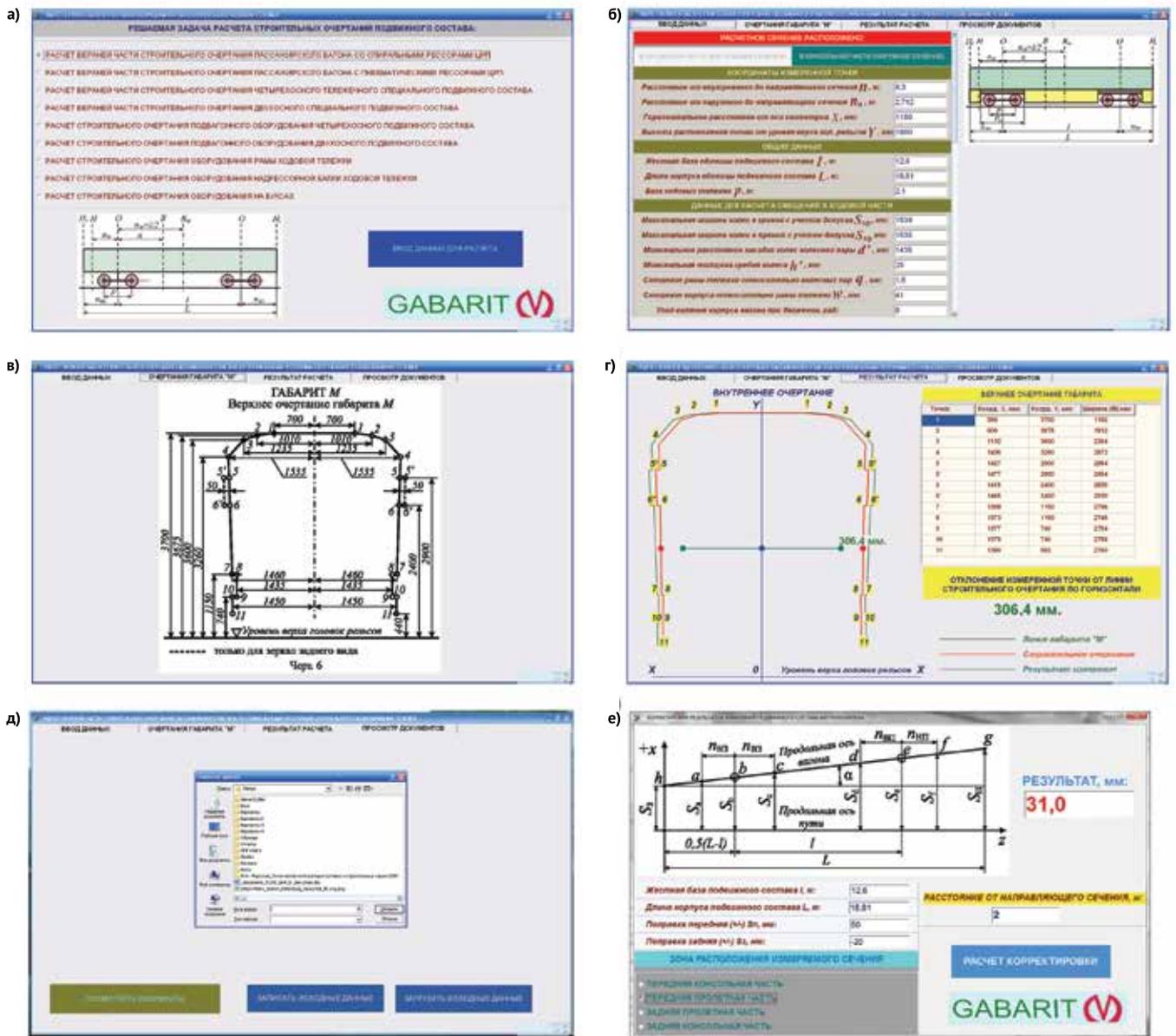


Рис. 2. Окна вычислительной программы GABARIT M: а) выбор вычислительной задачи контроля габаритов подвижного состава; б) ввод исходных параметров для расчета; в) справочный просмотр стандартных размеров верхнего или нижнего очертания габарита подвижного состава М; г) результат расчета в виде наложения расчетного контура строительного очертания с положением угловой точки, таблицы расчетных значений горизонтальной X и вертикальной Y координат точек строительного очертания, а также расстояние по горизонтали от угловой точки до линии контура строительного очертания; д) выбор файлов для просмотра с кнопками сохранения и последующего использования введенных исходных данных; е) расчет поправок на фактическое положение корпуса относительно оси пути

ную ошибку, поэтому была разработана программа расчета в вычислительной среде Delphi, названная GABARIT M. Скриншоты окон этой программы приведены на рис. 2.

Программа предусматривает расчет строительных очертаний подвижного состава метрополитена по верхнему и нижнему очертаниям в соответствии с ГОСТ 23961-80. Основную часть подвижного состава метрополитена составляют четырехосные подвижные единицы с двухступенчатым рессорным подвешиванием (со спиральными пружинами или с пневмоподвеской) (рис. 3а) и двухосные подвижные еди-

ницы с одноступенчатым рессорным подвешиванием (рис. 3б).

Стандартная методика расчета строительных очертаний подвижного состава ориентирована в первую очередь на типовой четырехосный подвижной состав с двухступенчатым рессорным подвешиванием (пассажирские вагоны метро и специальный подвижной состав с аналогичной типовой ходовой частью). Для расчета необходимых строительных очертаний двухосного подвижного состава типовая расчетная схема (рис. 3а) была трансформирована путем задания нулевого значения массам корпусов ходовых тележек и элементам цен-

трального рессорного подвешивания, а также на несколько порядков больших значений жесткостей пружинных комплектов центрального рессорного подвешивания. В этом случае положение расчетной выступающей угловой точки вследствие «заваливания» корпуса в кривых или при расчетном непогашенном ускорении определяются только жесткостью рессор буксового подвешивания.

Вводимое значение координаты X (мм) выступающей угловой точки корпуса корректируется по результатам замера фактического положения его продольной плоскости сим-

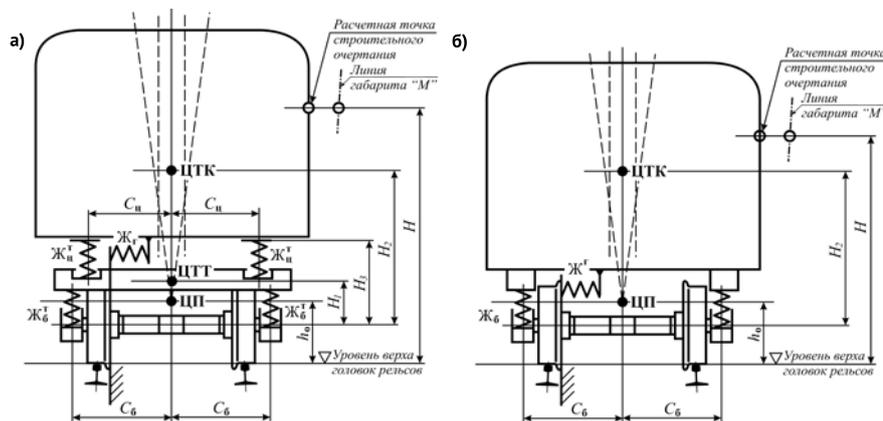


Рис. 3. Расчетные схемы для определения смещений конструктивных элементов на рессорном подвешивании: а) двухступенчатое; б) одноступенчатое;

ЦП – центр поворота кузова на рессорах; ЦПТ – центр тяжести обрессоренных частей тележек; ЦТК – центр тяжести кузова (обозначения соответствуют ГОСТ 23961-80)

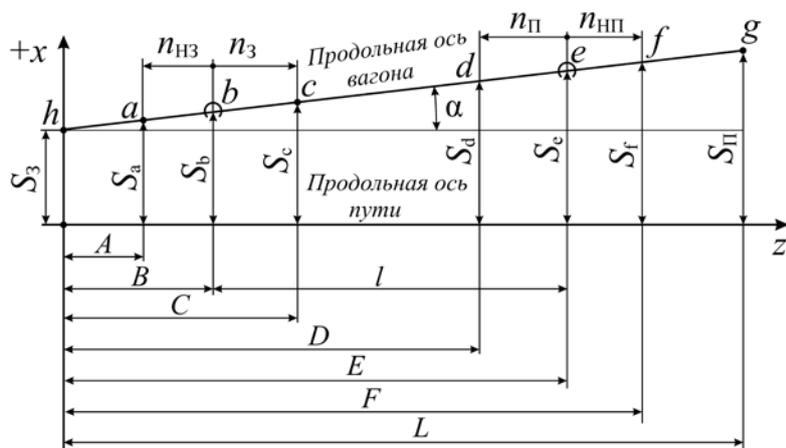


Рис. 4. Расчетная схема для определения поправок положения вертикальной продольной плоскости симметрии корпуса относительно продольной плоскости пути;  $S_i$  – поправка положения угловой точки относительно пути, мм;  $a, \dots, h$  – точки на продольной плоскости симметрии корпуса;  $A, \dots, F$  – расстояния от расчетной точки на торце корпуса до сечения;  $l, L$  – жесткая база подвижной единицы и расчетная длина корпуса

метрии относительно вертикальной продольной плоскости пути (рис. 2e). Поправки вычисляются по интерполяционной формуле в соответствии с рис. 4.

Значения поправок для приведенной выше расчетной схемы:

$$S_a = S_3 + [0,5(L-l) - n_{нз}] \frac{S_n - S_3}{L}; \quad (1)$$

$$S_b = S_3 + [0,5(L-l)] \frac{S_n - S_3}{L}; \quad (2)$$

$$S_c = S_3 + [0,5(L-l) + n_{зз}] \frac{S_n - S_3}{L}; \quad (3)$$

$$S_d = S_3 + [0,5(L-l) + l - n_{он}] \frac{S_n - S_3}{L}; \quad (4)$$

$$S_e = S_3 + [0,5(L-l) + l] \frac{S_n - S_3}{L}; \quad (5)$$

$$S_f = S_3 + [0,5(L-l) + l + n_{ин}] \frac{S_n - S_3}{L}. \quad (6)$$

В процессе выполнения работы

было предложено несколько схем производства натуральных замеров выступающих угловых точек подвижного состава. Одна из таких схем показана на рис. 5.

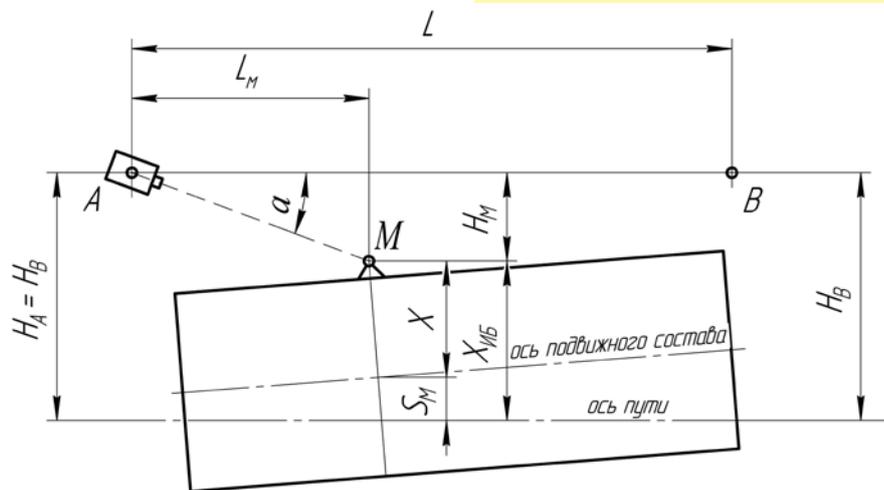


Рис. 5. Схема определения горизонтальной координаты  $X$  угловой точки  $M$  выступающей части подвижного состава с использованием угловых и линейных измерений

Искомая величина смещения  $X$  точки  $M$  относительно оси подвижного состава, мм:

$$X = H_B - L_M \operatorname{tg} \alpha - S_M, \quad (7)$$

где  $L_M, H_B$  – измеряются линейными измерителями, а угол  $\alpha$  – угловым измерителем. Измерения производятся тахеометром.

Поправка  $S_M$  определяется по схеме рис. 4.

Разработанная вычислительная программа также позволяет производить контроль габарита по выступающим угловым точкам нижнего очертания.

Таким образом, разработанная методика позволяет производить контроль попадания в контур строительного очертания выступающих точек подвижного состава метрополитена, принимаемого в эксплуатацию после изготовления, ремонта или модернизации. Методика реализована на предприятиях ГУП «Петербургский метрополитен».

Кроме того, вычислительная программа может быть использована и для расчета строительных очертаний проектируемого подвижного состава. ■

**Литература**

1. ГОСТ 23961-80. Метрополитены. Габариты приближения строений, оборудования и подвижного состава.
2. Указания по применению габаритов приближения строений, оборудования и подвижного состава метрополитенов ГОСТ 23961-80. Ц-Метро/3990, утв. 30.07.1981 г.
3. ГОСТ 9238-83. Габариты приближения строений и подвижного состава железных дорог колеи 1520 (1524) мм.