



数据加载失败，请稍后重试！

前 言

前苏联部长会议于 1988 年通过的国家科技发展规划中就列有发展“高速无污染运输”的项目。很多铁路专家提议修建《中央—南方》速度为 300~350 km/h 的高速铁路客运专线。

1989 年和 1990 年先后两次在列宁格勒召开全苏技术研讨会,专门讨论“高速铁路客运专线”问题。参加会议的代表除前苏联铁路专家外,还有来自法国、德国、日本等十多个国家的专家和学者。

苏联解体后,《中央—南方》高速铁路的发展计划必然受到影响,但俄罗斯在圣彼得堡(原列宁格勒)—莫斯科间修建高速铁路的工作仍在继续进行中。俄罗斯“高速铁路”股份公司(PAO BCM)于 1991 年成立,国家拥有公司股份的 51%。其他股东有莫斯科市政府、圣彼得堡市政府、十月铁路局、切列波韦茨钢铁联合体、法国“SOFRERAIL”公司等。

1993 年 7 月 30 日在俄罗斯第一条圣彼得堡—莫斯科高速铁路线第 18 公里标处,隆重地为跨库兹涅茨河的桥梁奠基,可以认为俄罗斯第一条高速铁路线已经开工。

虽然俄罗斯还没有高速铁路客运专线的运用经验,但自从提出修建高速铁路的计划项目后,有关专家们在机车车辆、线路、供电、通信信号、环境保护等方面都提出一些设想和方案。

我国的高速铁路发展正处于论证阶段,除应吸取日本、法国、德国等已有的高速铁路运用经验外,俄罗斯学者专家在高速铁路发展初始阶段的设想和探讨,对我国也有一定参考价值。因此,我们从有关文献中选取 20 多篇文章,编译成这本专集,以供领导和有关科技设计教学等人员参考。全书在成书过程中,经孙振声同志作了总的校核。

铁科院车辆所《国外高速列车译文集》编委会

1996. 12

目 次

1	圣彼得堡—莫斯科高速铁路	“高速铁路”股份公司外联中心材料(1)
2	高速铁路的机车车辆	Ю. Н. Дымант М. Т. Глушков А. М. Березовский 等(5)
3	圣彼得堡—莫斯科高速客运干线电动车组牵引指标的计算	Л. В. Гуткин В. А. Матюшин Д. М. Самарец(10)
4	高速电动车组的牵引参数及其牵引特性	Л. В. Гуткин Д. М. Самарец(16)
5	ТЭП80—研制高速机车的基础	В. Н. Шестаков(22)
6	高速客运机车	Ю. В. Хлебников А. Я. Коган А. А. Львов 等(27)
7	ЭР200 电动车组运营结果	Л. В. Гуткин Д. М. Самарец(33)
8	机车制造领域的远景研究	Ю. В. Хлебников(38)
9	用于高速运行的双层客车	А. Я. Коган А. А. Львов М. А. Левинзон(42)
10	新一代机车车辆用滚动轴承	[德国]埃德加·普廖舍里(49)
11	高速列车的空气弹簧悬挂	А. И. Беляев А. Н. Мелихов(53)
12	高速旅客列车空调系统选型	Е. Т. Бартош(57)
13	机车车辆和线路不平顺谱在 350 km/h 速度下的特性	А. Я. Коган А. А. Львов М. А. Левинзон(61)
14	走行部和线路的相互作用 ...	А. Я. Коган А. А. Львов М. А. Левинзон(69)
15	高速铁路运输的受流系统	В. П. Михеев В. В. Свешников Н. В. Раевский(75)
16	高速铁路的受流问题	Н. Н. Саенко И. А. Беляев А. П. Юшкевич(78)
17	关于高速专用干线铁路用地的设计问题	Н. Д. Ткачевский(82)
18	高速干线的线路和大型建筑	Н. Н. Путря(85)
19	高速铁路线路的维修和养护	А. В. Болотин(88)
20	圣彼得堡—莫斯科高速铁路干线通信网设计方案	Ю. И. Кубышкин А. К. Лебединский В. В. Шмыгинский(93)
21	圣彼得堡—莫斯科高速线生态环境影响的经济评价	А. В. Болотин(97)

圣彼得堡—莫斯科高速铁路

“高速铁路”股份公司外联中心材料

俄罗斯“高速铁路”股份公司(РАО БСМ)成立于 1991 年 9 月,现已进入成立以来的新阶段。俄罗斯总统批准成立公司的命令中规定的两项任务已开始实现:在俄罗斯修筑第一条圣彼得堡—莫斯科高速客运铁路干线和生产电动车组(城郊和高速动车组)。

高速铁路股份公司有 51%股份属国家,这些股份是:授予股份公司铁路用地的使用权,一些工业企业的股票,其中包括按计划改产民用品的国防企业,如托尔若克车辆工厂、圣·彼得堡的电工试制厂、季赫温“运输机器”制造工厂等。

公司的大股东有:莫斯科市政府、圣彼得堡市政府、列宁格勒州行政机关、十月铁路局、切列波韦茨钢铁联合体、专门设计和修建运输工程(包括高速铁路)的法国“SOFRERAIL”公司。1993 年 1 月公司的法定资本已达 70 亿卢布左右。

为什么要在圣彼得堡和莫斯科之间修筑新的高速客运铁路线?大家都知道,上个世纪中叶修建的铁路,属当时世界上最好的铁路干线之一,通过能力已用尽。运输强度远超过了各种技术管理规定的极限。经常维修、个别区段进行改造、修第三条甚至第四条都不能解决问题。

有几十所科研高校和设计单位参加的、由运输专家完成的科技研究和列宁格勒国家勘测设计院完成的技术经济论证均表明,在俄罗斯两个最大的城市间修筑新的独立的高速客运专用铁路干线是唯一的选择。它每天可承担 4 万人以上的客运量,将减轻圣彼得堡—莫斯科间的运输紧张程度。

考虑到俄罗斯和世界各国的最新科技成就,新设计和修建的圣彼得堡—莫斯科高速客运干线将向旅客提供广泛的安全运输服务和各种附加服务。干线的技术参数属世界水平。与公路和航空运输相比,铁路干线将是最经济的和对环境无污染的运输。与普通铁路相比,可更有效地利用机车车辆。考虑到俄罗斯机车车辆紧缺在逐步增大的情况下更具有重要意义。

高速铁路股份公司的第二个任务,即组织生产城郊和高速电动车组的任务,目前也在顺利实施。

前苏联的电动车组是在里加唯一的工厂集中生产。目前俄罗斯迫切需要城郊电动车组。仅十月铁路局就需要 10 节车厢组成的电动车组 50 列以上。因此,组织生产俄罗斯自己的电动车组是经济任务,也是政治任务。

高速铁路股份公司实际上只用一年时间就在托尔若克车辆厂组织生产了电动车组,与它合作的还有拥有公司股票的其他企业,走行部由季赫温“运输机器”工厂生产,电气设备——“电工物理”联合体生产。

目前,第一列电动车组已交国家试验。在工厂的车间里还有两列将完成组装,到年底计划共生产 5 列电动车组。随着生产能力逐步提高,该工厂一年将生产 25~30 列电动车组。第一阶段生产的电动车组与以前里加工厂生产的完全一样,但不久的将来托尔若克工厂将生产新一代的、更经济和更舒适的电动车组。

高速铁路股份公司在生产城郊电动车组的同时,正研究实施国际高速舒适列车的生产计划,首先用在圣彼得堡—莫斯科新干线上。

这一新技术的总设计者选择了“红宝石”中央设计局,这个机构多年从事设计和生产非常复杂的系统,如原子能潜水艇。“红宝石”中央设计局的工艺和设计能力结合铁路工程技术人员和专家的经验一定能完成自己的任务。

第一阶段将按“红宝石”的设计在季赫温“运输机器”工厂安排 BCM—250 高速列车的生产,这是在 ЭР—200 电动车组的基础上制造的。BCM—250 电动车组设计的运行速度为 250 km/h,应在 1996 年出厂,那时,高速铁路干线圣彼得堡—梅尔尼科瓦(诺夫哥罗德)区段正好要投入运用。

与此同时,开始研制完全新型的 BCM—350 超级列车。在世纪之交圣彼得堡—莫斯科高速铁路干线投入商业运营时将用这种列车。高速铁路干线将分阶段修建,每一区段根据其准备情况投入商业运营,逐步减少旅客在圣彼得堡—莫斯科之间的旅行时间。

新干线将在股份制的基础上修建。而且,线路区段、大型桥梁、车站综合体等各项工程的承包人将在特殊的商务招标中确定。共确定了 50 项类似的招标工程。根据这一修建计划,设计文件的准备将分阶段进行。

大家知道,高速铁路全线的技术经济论证已完成。试验区段的第一批准备和修建工作的设计文件已准备就绪。

与修建新干线有关的技术论证和其他文件不仅在专家和学者中进行讨论,还在各级政权机构内讨论。圣彼得堡国立交通大学的工程师及学者和十月铁路局的专家都对技术经济论证进行了详细剖析。从社会-政治角度审核了新干线的修建工程,还对设计实施后的一些权利文件进行分析。

1992 年 9 月俄罗斯总统下属的鉴定委员会对圣彼得堡—莫斯科高速干线设计的总构思给予了肯定的评价。根据俄方的要求,法国专家进行的独立鉴定也得出同样结论。

高速铁路股份公司获得了试验区段的土地使用证书和施工权利,未来干线 13 到 19 公里标的范围就是其中的一段。为什么必需试验区段的理由是修建列车运行速度达 350 km/h 的高速铁路线要求特殊工艺,要掌握双线铁路桥梁的新结构。

1993 年 7 月 30 日在俄罗斯第一条圣彼得堡—莫斯科高速铁路线第 18 公里标处,隆重地为跨库兹敏克河的桥梁奠基。在桥座桩基处理有奠基纪念碑,碑上的文字是:

“根据俄联邦总统 1991 年 9 月 13 日命令修建俄罗斯第一条圣彼得堡—莫斯科高速铁路专用干线的工程在此动工。

圣彼得堡,18km

1993 年 7 月 30 日”

这里还设有纪念标志,即公里标用红花岗石模拟制成。

圣彼得堡—莫斯科高速铁路线示意图见图 1。

主要技术参数如下:

线路专业化:供专用列车和检修车辆运行的高速客运干线。

终端站:圣彼得堡——在既有莫斯科车站区内的多功能车站综合体;

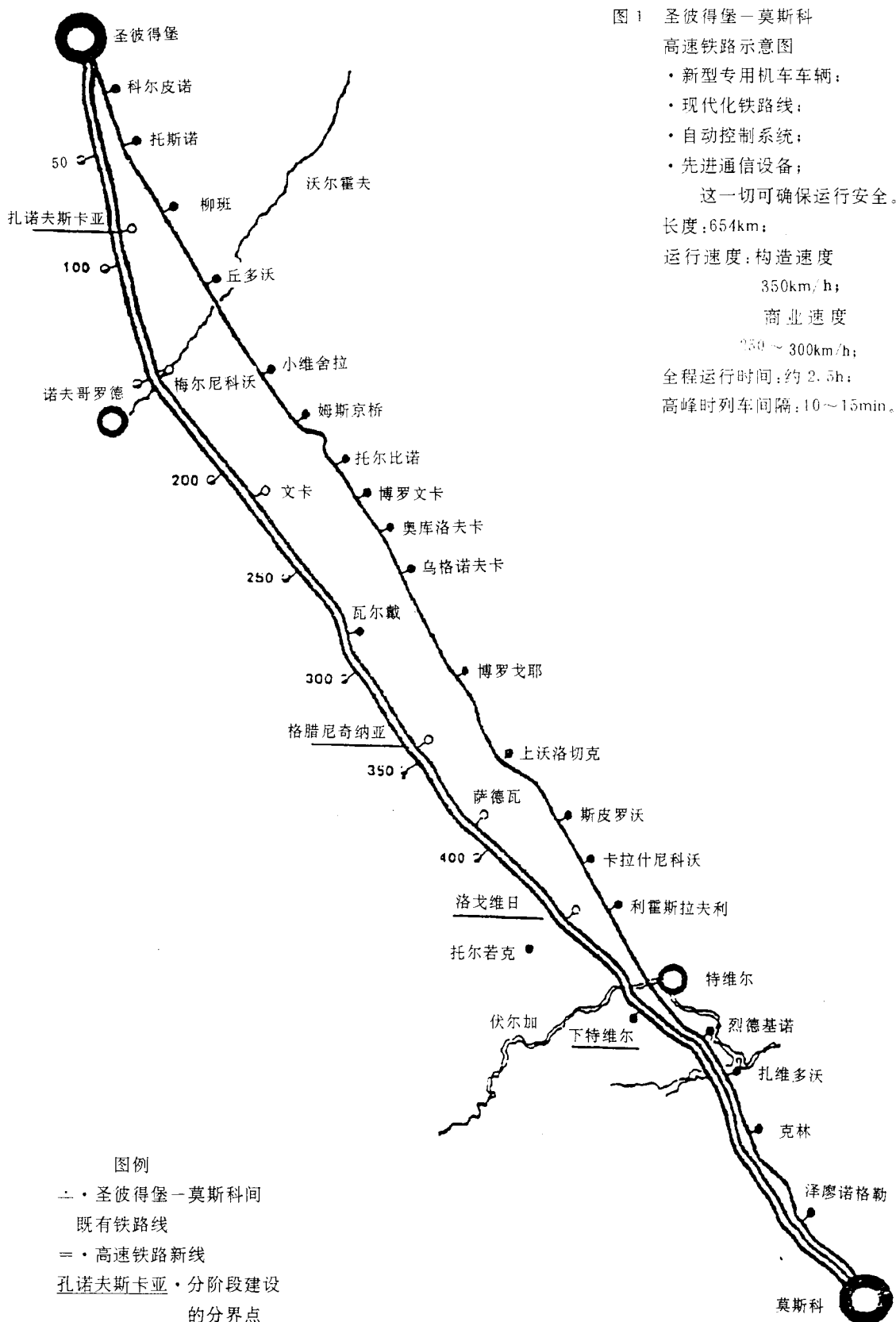
莫斯科——在既有列宁格勒车站区内的多功能车站综合体。

轨距:1 520 mm。

主线路数:2。

干线建筑长度:654.3 km。

机车车辆:BCM—350 电动车组,轴重不大于 18 t。



两种电流制:3 kV 直流和 25 kV 交流。

总载客量:912 人(一列车),分头等、二等和旅行级。

工作速度:300 km/h。

全程运行时间:145 min。

2005 年平均列车数:一昼夜 30 对列车。

2005 年平均客运量:一昼夜 41 500 人(往返)。

线路上部建筑:无缝线路,P65 型钢轨,混凝土轨枕,碎石道床。

桥隧建筑物:适合专用机车车辆载荷的双线结构。

控制和通讯系统:数字集成通信线路,光缆,蜂房式通讯线路,集成信息-计算媒体。

电气化系统:交流 2×25 kV。

孙振声 译自 Железнодорожный

Транспорт, 1993 No 11 56~59

高速铁路的机车车辆

К. Н. Дымант, М. Т. Глушков, А. М. Березовский等

高速铁路运输的历史从 1964 年开始,那时东京—大阪间世界第一条专用线开通,列车速度达 210 km/h。三年后法国巴黎—图努扎的铁路线投入使用,速度为 200 km/h。今天,世界先进国家已积累了很多高速机车车辆的运用经验,并确定了它的主要发展方向。已经清楚,在什么条件下铁路可与其他运输方式,特别是航空运输进行竞争。

只有在采用先进科技成果的基础上才有可能制造和运用高速列车。首先要制造功率大、尺寸小的电气设备,研制轴重轻的走行部。

电气设备的基础是采用异步牵引电动机的交流传动和先进大功率电子元件的变流装置。后者要求在控制系统中引进数字计算技术,这能保证牵引装置和辅助设备可靠工作。

目前运用的列车有两种方案:动车组和电力机车。

动车组方案的优点是分布在全列车上的动轴数多,这可实现较大的牵引力,有较高的灵活性。由于制动轴数多,电制动效果得到提高。

虽然动力车的重量比拖车大一些,计算表明,轮对对钢轨的载荷仍适合高速运行。高速动车组可由不同数量的双节动力车组成,此时,牵引指标实际上不变。一列车中即使一节动力车因故障不能工作,对牵引指标不会有很大影响。

动车组的组成形式如下:最前面是带司机室的动力头车(ΓM),具有两台动力转向架、电压和频率转换装置。它与中间动力车($M\Pi_r$)连成一组,中间动力车上有受电弓、变压器、变流装置和一台动力转向架。下一组(除尾部外)是带频率和电压变换器、两台动力转向架的中间动力车($M\Pi$)和 $M\Pi_r$ 车辆。只要改变动力车组($\Gamma M + M\Pi_r$)和中间车组($M\Pi + M\Pi_r$)的数量,一列车就可由 12 节或 4 节车辆组成。

日本的动车组属上述形式。其主要缺点是功率分布在几组电气设备上,使电气设备的总质量加大,动力转向架台数较多。

电力机车方案——由两节动力头车(电力机车)和 10~14 节中间拖车组成一列。所有的牵引电气设备都集中在动力头车上,电气设备的质量降低,动力转向架数量比动车组方案少。

电力机车方案的编组如下:头部和尾部是两节动力头车(ΓM_r),带驾驶室和全部电气设备,各有两台动力转向架。 ΓM_r 动力车上无乘客。头车中间是 5~6 节载乘客的拖车(Π)。为了增加乘客量可将两组连接在一起成为一列。

德国、法国、意大利、英国和瑞典都采用这种方案。高速列车用电力机车牵引方案在干线上列车密度不大、且无太多限速区段时效果较为显著。

任何情况下,只有对列车结构和运用有关的各因素作技术-经济分析后才能决定采用何种方案。有一点是毫无疑问的,即高速运输具有远大前途。

不久前建立的全欧高速运输系统对多数欧洲国家都具有权威性。在最近 10~15 年内,要建立连接英国、法国、西班牙、葡萄牙、比利时、德国、瑞士、意大利和奥地利的高速铁路网。目前在欧洲有 150 列、在日本有 250 列高速列车在经常运转。

我国已开始发展这种新型运输。6 年前第一列 ЭР200 动车组在列宁格勒—莫斯科间投入

正式运营。这种列车在线路的个别区段速度可达 200 km/h。计划在最近几年还要制造几列类似列车,这条线路上的列车数将增加,能更快地积累高速列车的运用经验。

与此同时,在苏联修建中央—南方高速干线(BCM)的问题已提到日程上。这项工程属苏联部长会议批准的 14 项国家优先发展的科技项目之一。高速铁路干线由列宁格勒经莫斯科到洛佐瓦,然后分别通向辛菲罗波尔和罗斯托夫,并由罗斯托夫再分别通往索契和矿水城(见图 1),这些线路可运送大量旅客。

由列宁格勒到罗斯托夫和辛菲罗波尔的列车按 300 km/h 考虑。罗斯托夫往南速度有所降低,将根据技术—经济计算选定。夏天的列车对数为每昼夜 120 对。计划成组地发送列车(5~7 列为一组),列车间最小间隔时间为 6 min。

客运干线供电用交流,接触网电压 25 kV,工频 50 Hz。高速线还将从图拉、奥列尔、库尔斯克、别尔哥罗德、哈尔科夫、扎波罗热等城市附近通过,因通往这些城市的铁路线是直流系统,故电动车组应有两种电流制——25 kV 交流和 3 kV 直流。

根据全苏铁道运输科学研究院的建议,全苏车辆制造科学研究院里加分院提出了 BCM-ЭП1 型电动车组的技术方案,可在中央—南方干线上的运行速度达 300 km/h。考虑到 ЭП-200 电动车组的运用经验,车辆的主要参数是长 26 m,转向架中心距 18.8 m。

车体是全金属焊接结构,用高强度铝合金或合金钢板作原材料。为了提高强度指标和减少制造的劳动力,拟采用大板块组成,以减少焊缝数。

由于车体横截面对空气阻力影响很大(空气动力阻力与横截面面积成正比,与速度的平方成正比),合理选择车辆车体横截面和限界非常重要。建议为圆桶状车体横截面,从轨面的极限高度为 3.84 m,可供进一步研讨。

计算说明,将车体下部的骨架采用承载结构,可在不增加重量情况下使弯曲振动的一级频率不大于 10 Hz。因此,车体振动指标有所提高,旅客舒适度得到改善。

为了减少车内噪声,车体内侧涂有一层很厚的抗噪声涂料。车辆保护层(地板、侧墙、上顶板)有足够厚度,与夹层中的隔热和隔声共同防止外部噪声传入车体内。

车辆符合 ГОСТ9238—83 标准中 T 和 1T 两种限界。旅客包间有密封门与服务间分开,贴面、车顶、侧墙和地板均采用不易燃的材料。所有装饰贴面应能用湿布清洗,旅客座位均有扶手。

电动车组的基本组成是 12 节车厢(2МГ+6МПТ+4МП)。减去部分车辆后可将 12 节编组改为 4 节编组。设计了三种编组方案:①全部 12 节车辆均为动力车,共 48 台牵引电动机,每台电机的小时功率为 350 kW;②只有 50%的车轴为动轴,共 24 台牵引电动机,每台电机功率为 600 kW;③75%的车轴为动轴,除带受电弓的车辆仅有一台转向架为动力转向架外,其他车辆全是动轴,受电弓一端的转向架是非动力转向架,此端放有重约 5 t 的动力变压器,全列车共有牵引电动机 36 台,每台功率 380 kW。

技术条件要求的轴重是 17 t,为了检查这项指标是否能满足,对三种方案的车体净重和总重进行计算。估计 МГ 车辆车体净重 60.15 t,考虑载重后的轴重为 16.53 t。МП 车辆相应重量为 56.56 t 和 16.5 t,МПТ 车辆为 57.42 t 和 16.83 t。

为了提高舒适度,列车中的车辆分两个等级——I 等和 II 等。МП 和 МПТ 的 I 等车内座位是 2+2,车宽 3.48 m(T 限界),共有座位 64 个。II 等车的座位是 2+3,共有 99 个座位。若按 1T 限界,车宽为 3.08 m,座位有所减少,I 等和 II 等车的座位分别是 52 和 80 个。

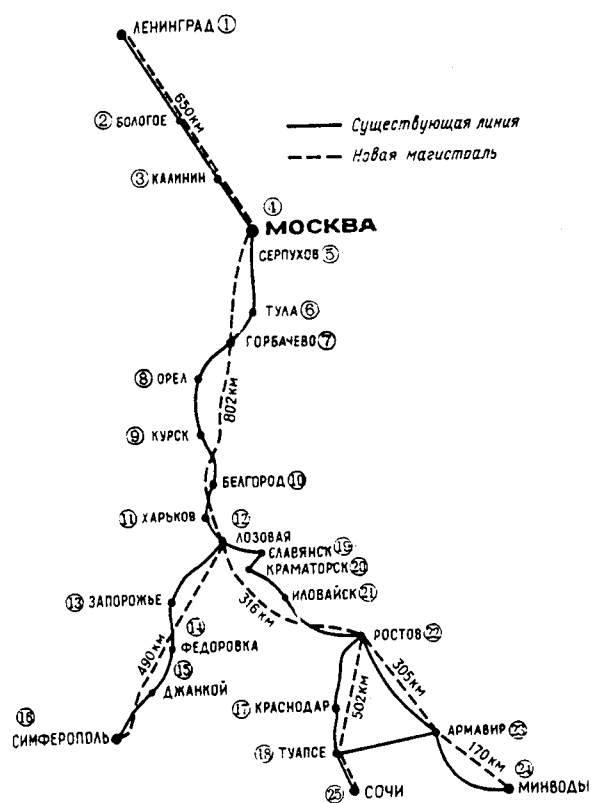


图1 中央——南方铁路干线示意图
——既有线，---新干线。

- ①列宁格勒；②博洛戈耶；③加里宁；④莫斯科；⑤谢尔普霍夫；⑥图拉；⑦戈耳巴乔沃；⑧奥廖尔；⑨库尔斯克；⑩别尔哥罗德；⑪哈尔科夫；⑫洛佐瓦亚；⑬扎波罗热；⑭费多洛夫卡；⑮占科依；⑯辛菲罗波尔；⑰克拉斯诺达尔；⑱图阿普谢；⑲斯拉维扬斯克；⑳克拉克马托尔斯克；㉑伊洛瓦伊斯克；㉒罗斯托夫；㉓阿尔马维尔；㉔矿水城；㉕索契。

完成了动力转向架的草图设计，它是两轴、模压焊接结构。轮对采用空心轴，用轻型、整轧车轮。一个车轮的辐板上压装有四个销钉，联轴节的驱动杆与销钉相连，牵引电动机输出的力矩经齿轮箱后由这套传动装置传给轮对。

由于牵引电动机带齿轮箱的重量有一部分是悬挂在车架上，采用纵向补偿联轴节。它的锥形管与花形法兰在同一轴上。锥形管小端的法兰是组合结构。法兰与锥形管用端部花键联结。

法兰驱动杆的孔中压有橡胶-金属套，锥形管小端的负荷就通过它传给车轮辐板的四个销钉。锥形管大端的驱动杆与法兰相连，法兰用端部花键固定在齿轮箱的空心轴上。齿轮箱空心轴包住全部联轴节管。

转向架齿轮箱——单级、直齿轮、带中介齿轮。必须用它来保证齿轮箱的间隙和空心轴与电动机体间的工作间隙。封闭式的“齿轮箱—牵引电动机”整体共有三个悬挂点。齿轮箱体和托架上各有一孔，这个整体就靠这两个孔悬挂在转向架的端梁上。第三个孔在牵引电动机机体上，通过它悬挂于车辆的底架。

车体的垂直载荷通过中间的空气弹簧传给转向架。转向架的制动系统是独立的盘形制动。齿轮箱空心轴上装有三个制动盘。一个转向架共有六套制动装置。

电动车组有下列制动形式：再生制动或电阻制动（电制动 ЭДТ），制动时异步牵

引电动机作发电机工作；盘形摩擦制动（ДТ）用电空或空气控制；线性-涡流轨道制动（ЛВТ）没有摩擦和磨损，并与轮-轨粘着无关；停车制动（РТ）用以防止停车后任意滑行。

所有的车辆上都有这些制动装置。常用制动由无磨损和无摩擦的 ЭДТ 和 ЛВТ 共同实施，常用制动使列车由最大速度（300 km/h）降至规定的运行速度 240 km/h。达到规定的运行速度时，平均减速度为 $0.5 \sim 0.55 \text{ m/s}^2$ ，制动距离为 9 000~10 000 m。

紧急制动由 ДТ 和 ЛВТ 共同实现，平均制动减速度为 $1.05 \sim 1.1 \text{ m/s}^2$ ，制动距离不大于 4 700~5 000 m。有统一的防空转-防滑行装置防止轮对滑行，这套装置在牵引工况和各种制动工况都能消除轮对的过剩滑动。

列车电气设备的技术要求是里加电机制造厂生产联合体制定的。按第三方案车下的空间要安装下列设备：功率 380 kW 的异步牵引电动机，整流-逆变装置（ВПП）和独立变流装置

(AHT)的组件,无功补偿器(KPM),25kV、50Hz 的牵引变压器,BIИ 和 AHT 的部件,BOB - 25 高压断路器,AHT 的电容器组,输出滤波器,电阻通风组件,整流装置,ΦPOC—400 和 KPOC—50 电抗器,辅助回路的高压变流机组,避雷和防干扰线圈,快速电子断路器,蓄电池,晶闸管-脉冲断路器(TИИ)及其部件。

表 1 电动车组技术参数比较表

指 标 名 称	BCM-ЭПC1 方案			ICE	TGV-A	200 系列
	100% 动轴	75% 动轴	50% 动轴	德国 1989 年	法国 1988 年	日本 1983 年
构造速度,km/h	350	350	350	250	300	260
列车编组	2MГ+6MΠT+4MΠ			计算 350 2MГ+14Π	2MГ+10Π	2MГ+10MΠ
列车长,m	319.40	319.40	319.40	382.38	240.0	300
车辆长,m	26	26	26	M-20.8 Π-24.3	MГ-22.15 Π-21.8 Π-18.7	24.5
车辆宽,m	3.48	3.48	3.48	3.02	2.904	3.38
车辆自重,t	MГ55.16 MΠT59.4 MΠ52.5	MГ60.15 MΠT57.4 MΠ56.5	MГ57.2 MΠT55.8 MΠ54.6	M-79.8 Π-45	M-68 Π-32.4	62.7
列车自重,t	667.13	673	668.18	789.6	500	756
列车座席数	1118	1118	1118	600	485	885
每旅客车体重,t/旅客	0.597	0.601	0.598	1.3	1.03	0.95
牵引电动机功率,kW	15630	13680	15600	8400	8800	11040
列车单位功率,kW/t	23.02	20.3	23.3	10.6	17.6	13.12
每旅客功率,kW/旅客	14	12.24	13.95	14	18.14	12.5
列车总重,t	789	803.5	780	849.6	548.5	816
每延米车体重,t/m	2.08	2.1	2.09	2.06	2.08	2.52
轴载荷,M/Π,kN	170	168	164	200/120	170/98	170

其余设备如辅助回路电器、逆变器控制机组、转换器等则放在车内端部的柜中。这里还有 BIИ 和 AHT 的控制柜,取暖、照明、通风和空调设备,各种仪表。

为了提高电动车组的运用效果和保证安全,在计算机网络基础上设计有自动控制和诊断系统。车辆上各种设备的工作过程都与这套系统有关。多机重联时由它保证联系,还向司机提供设备状态、各系统实时工作参数、线路自动信号等。

自动控制系统自动完成线路信号规定的限速,检查制动设备,当发现列车本身有故障或线路信号有要求,可自动转为故障工况(紧急制动)。还可监视司机工作状态,当司机未发送警惕信号时,立即采取停车措施。

列车控制采用多级处理系统。信息的快速采集、处理和传递由通用计算机完成,它能解决运行控制的复杂问题。电动车组有完整的通信和信息系统,保证调度与列车司机的无线通信,将列车运行参数传送到干线自动化控制系统中。列车长与司机有无线通讯联系,列车长与乘务员有电话联系。

车载技术诊断电路由微处理器构成,可检查列车诊断控制,机械和制动系统,牵引和辅助电气设备,控制系统。当出现有威胁运行安全的工况时,电子计算机则通知机车乘务员,必须时

对运行工况进行修正。车载诊断系统不仅将信息传给司机控制台,还可直接传送到运行控制中心,或记录在磁带上,回段后再交运行控制中心。

因此,为中央—南方高速铁路干线设计的高速动车组是高等级的列车,旅客应有很高的舒适度。车厢内有空调系统、大功率的通风取暖系统、日光灯照明、方便的坐椅、防噪声和振动的可靠设备、用电子显示板向旅客通报信息、多频道广播、电视、旅客无线电话、预定车票系统等。

ВМС-ЭПС1 电动车组有关参数与法国、德国和日本电动车组的比较见表 1。由表可知,ВМС-ЭПС1 电动车组主要技术-经济参数都不低于高速列车的现代技术水平,如座位数,每旅客的车体重量,每延米的车辆重量,列车单位功率,每旅客的功率等。

孙振声 译自 Локомотив, 1990
No. 5 5~8

圣彼得堡—莫斯科高速客运干线 电动车组牵引指标的计算

Л. В. Гуткин В. А. Матюшин Д. М. Самарин

俄罗斯高速干线股份公司(РАО "ВСМ")对圣彼得堡—莫斯科的高速客运干线正进行电动列车运行速度达 300 km/h 的设计。拟建 650 km 线路将与现有铁道平行并采用 25 kV、50 Hz 交流电气化。为了与现有 3 kV 直流线路衔接,在此线路上将运行双流制电动车组。

在该设计框架中,线路纵断面的(诺沃戈洛德方案)特点是上、下坡道都很小,都在 6‰~8‰以内,仅在个别地点坡度为 10‰及大于 10‰(图 1)。其中最大坡道为 18‰的有 9 个断面单元,长度为 0.9~1.0 km;以及 24‰的二个单元长度为 0.8 和 1.2 km。线路的平面图实际上可以使全线规定速度为 300 km/h。

考虑了国内外经验,在研究了各种方案后,РАО "ВСМ"的董事会对所设计的线路选择了电气列车为摩托车辆型式。因此基本上打算采用在圣彼得堡—莫斯科线路上运营的速度达 200 km/h 的 ЭР200 列车。

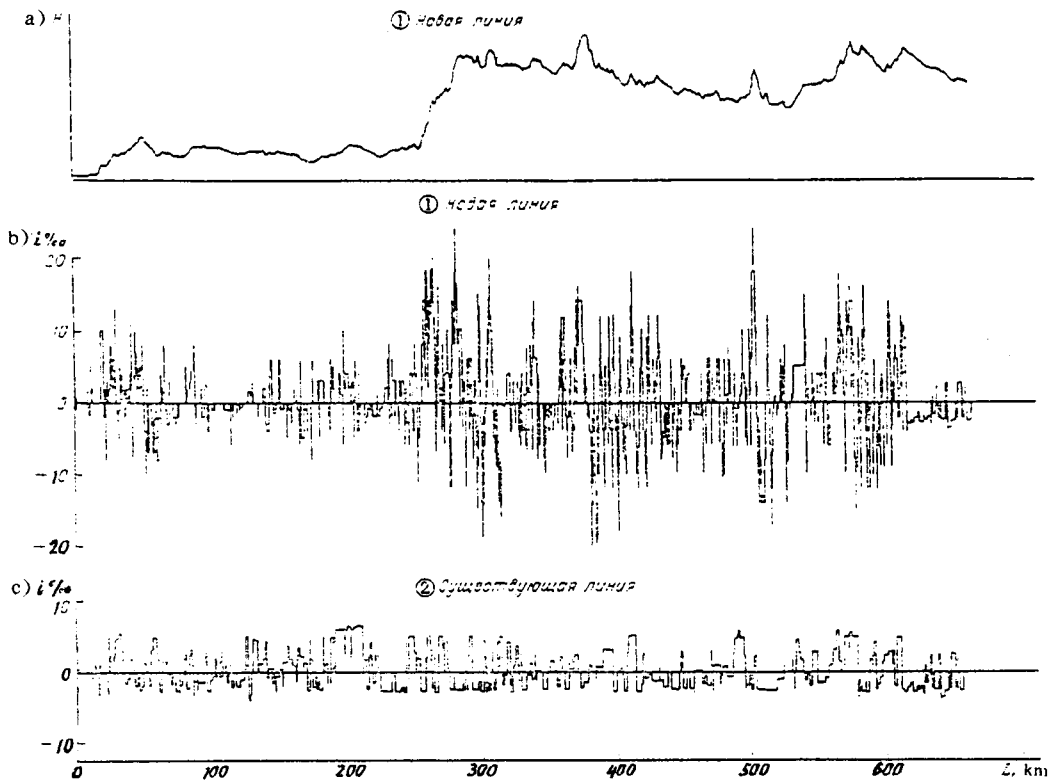


图 1 高速干线的纵断面

a)新线地形;b)新线坡度和位置;c)既有线的坡度和位置。

①新线;②既有线。

以设计制造单位以及从圣彼得堡地区抽调企业力量是很重要的,这些单位和企业已尽快开始研究和制造电动车组。在 1995 年已完成了速度为 250 km/h(BCM250)原型车。

后来积累了经验,该设计单位和工厂决心创建技术更完善的、运营速度为 300 km/h、重量更轻、动力学性能更好的高速电动车组。现在 PAO “BCM”已经制定了 BCM 300 电动车组动车技术条件的前景研制任务。全俄铁道运输科学研究院参加了这项工作。在该院进行了方案计算和高速电动车组功率和结构的论证,进行了电力牵引和运营指标的研究。在此基础上进行了本文的计算分析,提出了电动车组技术要求的必要资料。被采用的参数基本上都包括在作者发表的文章^[1,2,3]和国外原始资料^[4,5]中。

由计算规定,对于运营速度为 300 km/h 的电动车组每吨静重量的单位功率为 18 kW(这里和下面指的都是牵引电机持续制额定功率)。为了实现最大运能,车辆按车钩中心的长度应该是 27 m。一列电动车组中的车辆数最大为 16 辆。在摩托车辆的极限轴负荷为 160 kN 的情况下确定了电动车组的下列计算参数:基本编组为 12M+4Π(M——动车,Π——拖车),总重 992 t,功率 18 240 kW,座位 1 216 人,长度 432 m。为了使重量降至最小,建议两个动车(摩托车辆)的电器成组地在一起作为整体考虑。摩托车辆的电器包括受电器、变压器、压缩机和一些其它的牵引和辅助电器。所以规定在运营需要的时候可以改变列车编组,考虑减少一个或几个摩托车辆,同样也减少部分拖车而减少列车长度。

下面分析具有上述基本编组的电动车组的牵引指标。

电动车组的牵引力是按制造厂考虑了实际轮轨稳定粘着而提出的牵引特性来确定。在开始阶段,对于运行速度为 150~300 km/h 的计算牵引力的选取是根据实际持续功率(额定牵引整定值)条件确定的,如

$$F_k = \frac{367 P \eta_{\text{ср}}}{V}, \text{daN}$$

式中 P ——电动车组的功率, kW;

$\eta_{\text{ср}} = 0.9725$, 传动效率。

为在上述速度范围内进行加速,将计算牵引力提高 20%(提高牵引整定值)。

在速度 0~150 km/h 范围内起动时,计算牵引力取高于牵引整定值情况下的 150 km/h 时的计算值。

$$\text{粘着系数} \quad \psi = \frac{35 - 0.04V}{V + 100}$$

电动车组 BCM300 在提高牵引整定值情况下的牵引力计算特性示于图 2。电动车组以提高 20% 功率在加速区段运行,实际上在所有速度范围内牵引力不受粘着限制。

对于 BCM300 高速电动车组采用下列运行阻力计算公式,该公式是根据 ЭР200 电动车组的理论和试验研究的结果以及根据文献资料分析了日本高速电动车组的牵引参数而规定的。

$$\begin{aligned} \text{牵引工况} \quad w_0 &= 0.86 + 0.01V \\ &+ 0.000162V^2 \quad \text{daN/t} \end{aligned}$$

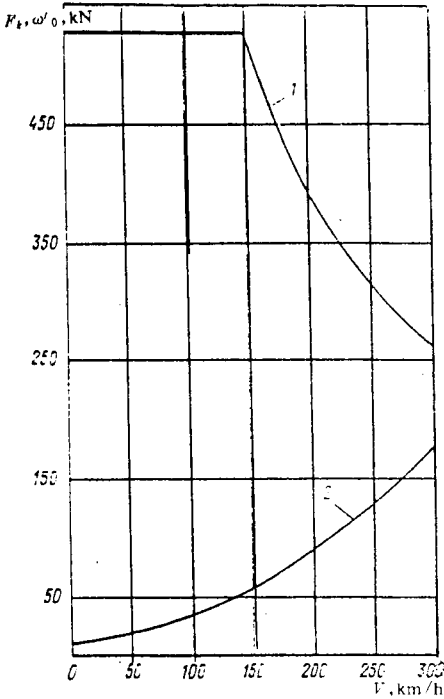


图 2 BCM300 电动车组的牵引力 $F_k^{(1)}$ 和基本运行阻力 $w_0^{(2)}$ 的特性曲线

惰行工况 $w'_x = 1.03 + 0.01V + 0.000162V^2$ daN/t

对于 BCM300 电动车组 w'_0 的计算特性示于图 2 中。

电牵引指标的计算是按 BИИИЖТ 的 ЛЭВМ 计算程序在下列假设条件下完成的(计算结果的关系用数字和图表形式表示)。对于给定的干线,按牵引电机提高整定值的最大发热条件,使列车加速到所要求的速度,该牵引整定值受均方电流控制。在允许速度范围内,牵引调节通过过渡到较低的正常牵引整定值、惰行或者一个制动定值(有害下坡)实行的,速度离平均值的偏差为±2.5 km/h。

计算是按步长进行的,每步长给出速度增量为 5 km/h,按相应的路程和时间增量,求解下面公式来确定

$$F = (1 + \gamma)m \frac{dV}{dt}$$

假如在给定的计算步长内,改变边界条件(坡度、允许速度等)或者路程增量超过 200 m,则该步长计算重新进行。给出的路程增量不超过 200 m,相应的速度和时间增量解下式来确定

$$F = (1 + \gamma)mV \frac{dV}{dS}$$

式中 F ——作用在列车上所有力的总和;

$(1 + \gamma)$ ——转动部分的惯性系数;

m ——列车重量;

V ——速度;

S ——路程;

t ——时间。

周期性的每经 50 km 接触网便有 450 m 的中性段,列车惰行,然后再进入牵引。

计算中按允许运行速度采用下列边界条件,在新线的直线区段最高速度为 300 km/h,在新线的曲线区段,根据安全条件,运行速度按下式确定

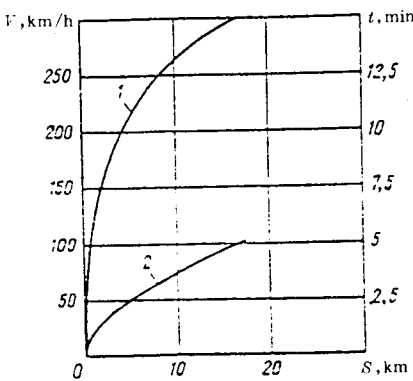


图 3 BCM300 在平直线上的起动加速距离
(1)和起动加速时间(2)

$$V = 3.6 \sqrt{R \left[a_{un} + \frac{9.81h}{S} \right]} \quad \text{km/h}$$

式中 R ——曲线半径, m;

$a_{un} = 0.4$ ——机车车辆的未平衡加速度,

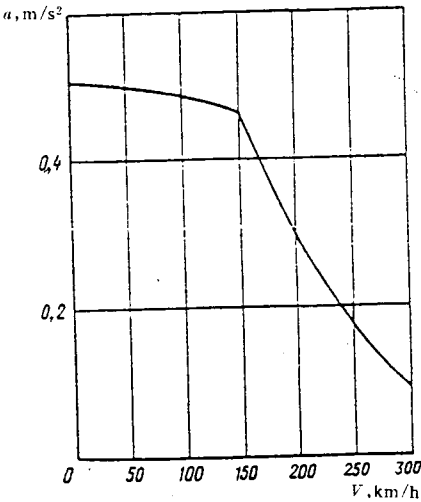


图 4 BCM300 的起动加速度

m/s²;

h ——外轨超高, $h=150\text{mm}$ 。

在给定的 a_{min} 和 h 值的情况下, 在曲线上运行速度由下式确定

$$V=4.15 \sqrt{R}$$

预定在线路中间有一停车 2 min 的中间站。

根据符合高速线路要求的线路维修条件每个长度为 1 km, 取下列计算限制速度。

150 km/h——在间距为 200 km 的 3 个区段内, 线路进行正常机械整修后;

120 km/h——计划检修后线路磨合, 一个区间;

80 km/h——列车沿着检修后的邻线运行, 一个区间;

40 km/h——消除钢轨故障后的危险地点, 一个区间。

同时, 预设了二次计划降速, 目的是检查制动机动作(试验)的有效性。在线路的开始, 进行第一次制动试验, 速度为 150 km/h 降至 100 km/h。在线路终端进行第二次制动试验。速度 300 到 250 km/h。第二次制动试验的地点选择在离终端 47 km 处, 相应于具有 300 km/h 进行惰行的距离。

计算结果中的起动加速指标示于图 3 和图 4。由此可见, 在线路的水平直线区段, 电动车组加速到 300 km/h 走行 17.1 km, 加速时间 5.2 min。在速度为 0~120 km/h 范围内的平均加速度为 0.48 m/s², 速度为 300 km/h 时的剩余加速度为 0.081 m/s²。上坡道的计算均衡速度如表 1。

表 1 上坡道计算均衡速度

上 坡 道 %	10	15	20	25
均衡速度 km/h	292	268	244	222

在圣彼得堡—莫斯科干线上, 电动车组的运行时间和运行速度曲线是按两种方案进行的。一种是新线直接建在两个终端站圣彼得堡和莫斯科之间。另一种可能的 BCM 方案是利用 3 kV 的直流线路, 既有线终端范围内的长度为 18 和 48 km 的短区间。在圣彼得堡和莫斯科的允许运行速度不超过 200 km/h(被称作 $\Phi\text{P}200$ 电动车组的限制速度)。对于这种线路方案的运行速度曲线示于图 5。与此有关的, 在新线上短上坡与短下坡交替着(见图 1), 则上坡的速度降得很少, 没有达到平衡值。由于这种特点完成基本要求, 使列车很快的达到并长时间的保持在最高速度 300 km/h。

由图 5 可见, 由于上坡道的影响, 速度降至 285 km/h 以下仅 2 次, 降至 275 km/h 以下也

仅 2 次。其余的速度降低是由计算限制速度、运行安全条件和线路维修要求等引起的, 同时也有与既有线终端站相衔接的区段上的运行计算速度所引起。

运行时间、技术速度、直达速度(考虑线路中都有 2 min 停车)和电能消耗的计算结果列于表 2 中。由计算可以确定, 按新设计的线路用 BCM300 车组从圣彼得堡到莫斯科比十月铁路局的既有线用 $\Phi\text{P}200$ 车组要节约运行时间。既有线不仅是对客运列车而且对货运列车均有利

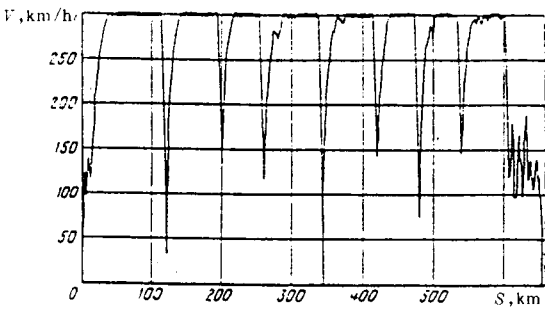


图 5 BCM300 在与既有有线衔接区段的 BCM 干线上的运行速度

而设计和建造的,断面坡度不大于 6‰(见图 1)。但对于速度为 160~200 km/h 的现代高速列车,线路平面设计不够理想。在弯道和车站道岔的规定速度大大低于 200 km/h。车站的道岔限速有 62 处,区间曲线限速 31 处。曲线的位置及其限制速度示于图 6。由于限速处太多,ЭР200 车组的计算直达速度未超过 154 km/h,最少计算运行时间为 4 h08 min。

表 2 运行时间、速度和耗能的计算结果

BCM 方案	运行时间 min	技术速度 km/h	计算直达 速度 km/h	电 能 消 耗	
				一列车 kW·h	W·h, t·km
与既有线没有衔接 区间的 BCM	154	253	250	41 374	64.2
与既有线在终端有 衔接区间的 BCM	173	225	223	40 336	62.6

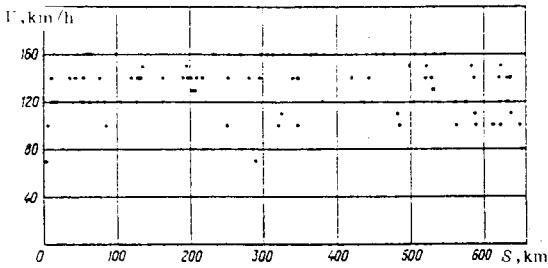


图 6 圣彼得堡—莫斯科既有线通过车站和曲线的允许速度

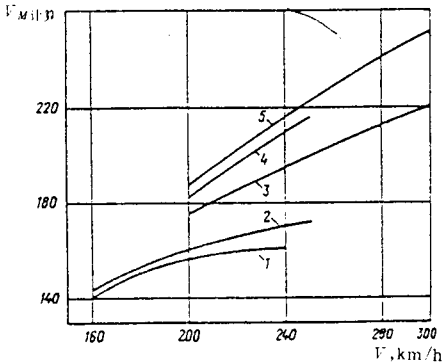


图 7 电动车组的计算直达速度
1 和 2—ЭР200 和 BCM250 在既有线上;
3—BCM300 在与既有线在末端有衔接的新线上;
4 和 5—BCM250 和 BCM300 在新线上。

在图 7 和图 8 上示出高速列车 ЭР200、BCM250 和 BCM300 以不同的最大运行速度在既有线和新线上的运行时间和直达速度的计算结果。

分析所完成的计算得出下列结论,假如在既有线上以区间最高速度为 250 km/h 的第二代高速列车运行,则可以比 ЭР200 列车减少运行时间 22 min。具有足够大的曲线半径(大于 5 500 m)的新线采用 BCM250 列车可以节省 68 min(图 8 曲线 1 和 4)。在新线上采用最高速度为 300 km/h 的第三代高速列车 BCM300,节省的时间可以达到 92 min(见图 8 的曲线 1 和 5)。BCM300 列车运行的计算时间为 2 h36 min。

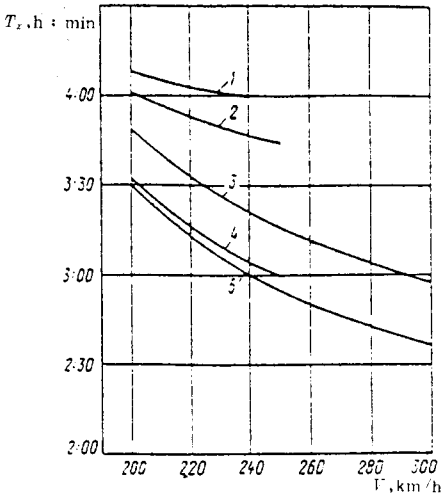


图 8 电动车组 ЭР200、BCM250 和 BCM300 走行时间计算值(符号说明见图 7)