



М. С. Аблазоров

# В ПОИСКАХ НОВЫХ ДОРОГ

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ ~ 1954



*М. С. Арлазоров*

# В ПОИСКАХ НОВЫХ ДОРОГ

Под редакцией  
члена-корр. Академии наук СССР  
проф. А. В. ГОРИНОВА



*Государственное транспортное  
железнодорожное издательство  
Москва 1954*

Книга содержит научно-популярное описание работ, выполняемых инженерами-изыскателями и проектировщиками железных дорог.

Книга рассчитана на учащихся старших классов средних школ.

---

*Редактор*  
канд. техн. наук Л. М. ПОДЫМОВ



Scan AAW

## ПРЕДИСЛОВИЕ

От Северного Ледовитого океана до южных морей, от берегов Балтийского моря до Тихого океана Советский Союз покрыт сетью железных дорог, связывающих в единое государственное целое множество областей и районов страны победившего социализма.

Сооружению каждого километра этой обширной сети железных дорог предшествует упорный и сложный труд изыскателей новых путей.

Многогранна специальность инженеров путей сообщения, изыскивающих и проектирующих стальные магистрали нашей великой железнодорожной державы. Многочисленные экспедиции, оснащённые геодезическими инструментами, геофизической аппаратурой, гидрометрическими приборами, буровым оборудованием, используя все средства передвижения—от выночных лошадей, оленей, собак и верблюдов до быстроходных автомобилей-вездеходов, катеров и самолётов,—направляются в неизведанные края нашей Родины, чтобы проложить там новые пути сообщения.

Советский Союз обладает неисчислимymi природными богатствами. На его территории сосредоточено около половины мировых ресурсов нефти и железной руды, свыше 20% мировых запасов угля, почти четверть мировой площади лесов, значительная часть запасов минеральных строительных материалов, колоссальные гидроэнергетические ресурсы, самое крупное сельское хозяйство с огромными посевными площадями.

Для быстрейшего освоения и использования этих грандиозных богатств необходима прежде всего широко разветвлённая сеть путей сообщения. И надо заметить, что в нашей стране в годы социалистического строительства получили широкое развитие все виды механизированного транспорта, однако основную роль в этой сети

продолжает играть железнодорожный транспорт, осуществляющий свыше 80 % всего объёма перевозок в стране.

По протяжению сети железных дорог Советский Союз давно уже занимает первое место в Европе, а по её грузонапряжённости—первое место в мире. Но наше народное хозяйство быстро растёт, настоятельно требует дальнейшего развития железнодорожной сети. Без железных дорог нельзя использовать новые источники сырья и топлива, освоить природные богатства отдалённых районов, нельзя успешно строить материально-техническую базу коммунистического общества.

Увлекательна и содержательна творческая работа изыскателей железных дорог. К этой специальности с её походной жизнью тянется наша замечательная молодёжь, не страшась тех трудностей, которые встречают на своём пути экспедиции этих «следопытов» стальных магистралей.

В нашей стране нет и не может быть безработицы. Советская молодёжь спокойна за своё будущее. Юноши и девушки, оканчивающие среднюю школу, могут выбрать себе любую специальность, будучи уверенными, что им обеспечена интересная и плодотворная работа в любой избранной ими области.

Но тот, кто любит природу, кого манят её широкие просторы и привлекает походная жизнь, наполненная неустанными поисками нового, тому придётся по душе и даст большое удовлетворение специальность инженера путей сообщения по изысканиям и проектированию железных дорог.

При этом необходимо помнить, что работа изыскателя нелегка, напротив, она сопряжена с большими трудностями и требует глубоких знаний во всех областях железнодорожной техники. Трудно назвать такую область строительной и транспортной техники, с которой не приходится сталкиваться в процессе изысканий и проектирования новых дорог.

У нас пока ещё очень мало популярно-технической литературы, рассказывающей молодёжи о тех или иных специальностях; беден ею и железнодорожный транспорт.

С этой точки зрения книга М. С. Арлазорова «В поисках новых дорог», общедоступно освещая работу изыскателей стальных путей, бесспорно представляет значительную ценность.

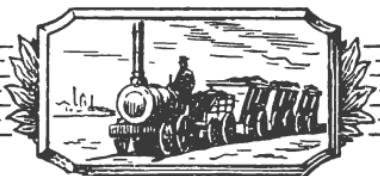
Большое достоинство этой книги в том, что в ней доминирует не «героика», а обстоятельное изложение существа сложной и разносторонней изыскательской специальности. С удовлетворением следует отметить плодотворность творческого содружества автора этой книги с научным коллективом кафедры проектирования железных дорог МИИТ. В частности, ценную помочь автору оказал доцент кафедры А. П. Кондратченко.

В популярной форме, хорошим языком и увлекательно автор знакомит своего молодого читателя с основными этапами творческих поисков, разносторонностью расчётов и исследований в большом созидательном процессе выбора направления и проектирования железнодорожной магистрали, связывающей районы угольных и рудных месторождений.

Автор удачно освещает переплетение изыскательских вопросов с той разнообразной железнодорожной техникой, с которой приходится сталкиваться при ответственном процессе проектирования железных дорог. В результате подобного изложения изыскания и проектирование показаны как часть общей работы транспорта, а читатель полнее и конкретнее ощущает, во имя чего предпринимают те или иные действия изыскатели и проектировщики.

Книгу М. С. Арлазорова с интересом прочтут молодые читатели.

*Член-корреспондент Академии наук СССР  
профессор А. В. ГОРИНОВ*



## Страницы истории

### ВМЕСТО ВВЕДЕНИЯ

Всего лишь полтораста лет назад возможность путешествия по железной дороге была, пожалуй, не меньшей фантастикой, чем в наши дни межпланетные перелёты. Мчались ямщицкие тройки. Позвякивал колокольчик, подвешенный под дугой, меняли лошадей станционные смотрители, стараясь угодить сиятельным пассажирам, и уж поистине черепашьими темпами ползли по дорогам много-вёрстные конные обозы с грузами, а по рекам, впряженаясь в лямку, тянули баржи бурлаки.

Но как ни понукали лошадей обозники, как ни напрягались бурлацкие артели, сколь ни торопились ямщики, транспорт не был в состоянии удовлетворить всё возраставшие запросы общества, не мог перевозить нужное количество грузов.

На смену умиравшему феодализму шёл новый общественный строй — капитализм. Одно за другим возникали промышленные предприятия — рудники, шахты, чугунолитейные, железноделательные и медеплавильные заводы, строились текстильные фабрики (мануфактуры). Всё большее количество рабочих рук переходило из сельского хозяйства в промышленность. Помещики заменяли своим крепостным барщину оброком. Ширилась торговля. Русский хлеб всё в больших масштабах вывозился за границу, на внешний рынок. Средства транспорта необходимо было совершенствовать, и над этой проблемой задумывались многие изобретатели.

Ещё в шестидесятых годах XVIII века русский горный инженер Козьма Дмитриевич Фролов построил на одном

из уральских заводов внутризаводскую лежневую дорогу. Движущей силой на ней было водяное колесо. Соединённые с колесом канаты тянули вагонетки по деревянным лежням, покрытым металлическими полосами. Так перевозилась руда.

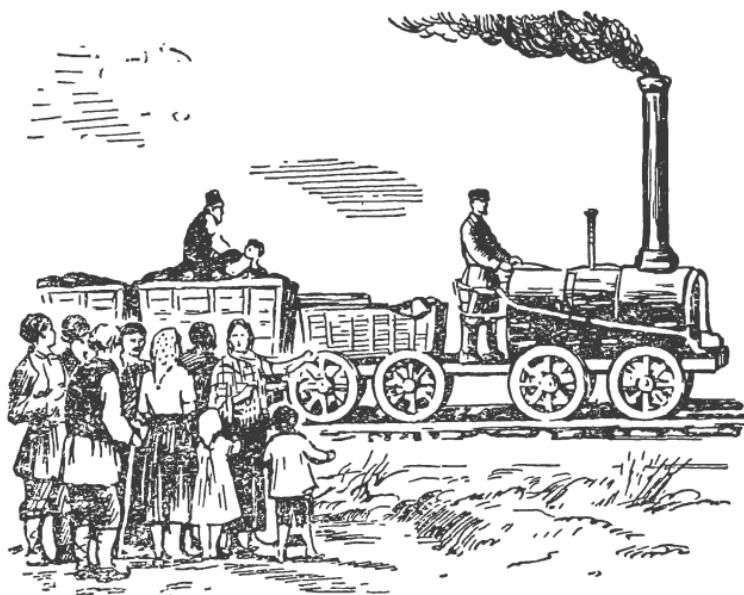
Работы отца продолжал сын. В 1806 году Петр Козьмич Фролов разработал проекты двух многовёрстных рельсовых дорог — Бор (Барнаульский) — р. Алей 43 километра и Эльтон — слобода Николаевская около 150 километров и одной короткой, длина которой составляла около двух километров. На этой короткой дороге, построенной Фроловым младшим, между Змеиногорским рудником и заводом у реки Корбалихи вагонетки катились уже не по лежням, а по рельсам, таким же, как рельсы внутризаводской дороги, построенной в 1788 году А. С. Ярцовым.

Необходимость в такой дороге была очень велика. Путь от шахт, где добывалась руда, к металлоплавильным печам изобиловал холмами и оврагами, затруднявшими перевозку. Проект предусматривал выравнивание рельефа, и когда по спланированному пути с глубокими выемками и высокими насыпями легли чугунные рельсы, то каждая лошадь повезла груз, в 25 раз больший, чем раньше.

Решение ряда основных проблем зарождавшейся железнодорожной техники связано с замечательными творческимиисканиями Фролова.

В разработанных им проектах первых русских «чугунок» мы встречаем мосты, насыпи и глубокие выемки, сглаживающие рельеф местности, график движения вагонеточных поездов по линии, механизацию процесса погрузки вагонеток. Не как узкий практик, а как глубокий исследователь принимал Фролов свои решения. Он проводил даже статические и динамические испытания<sup>1</sup> рельсов, чего ещё никто из работавших в области дорожного строительства и не пытался до него сделать. Он удлинил рельсы, чтобы, уменьшив число стыков, сделать ход поездов более плавным. Но работы Фроловых — ни отца, ни сына — не получили признания. Глухая стена молчания окружала изобретателей.

<sup>1</sup> Статические и динамические испытания — виды проверки прочности материалов и конструкций, используемые и в наши дни. При статических испытаниях нагрузка возрастает постепенно, при динамических, напротив, она носит характер удара.



Паровоз Черепановых

Не получили также поддержки отец и сын Черепановы, конструкторы первого русского паровоза. И это отнюдь не было простым совпадением. Засилье иностранцев в ведомстве путей сообщения и слепое преклонение перед всем заграничным, столь характерное для правителей царской России, не веривших в творческие силы великого русского народа, вот причины враждебного отношения к пионерам зарождавшегося в нашей стране железнодорожного транспорта.

А о том, сколь велико было это неверие в собственные силы, можно судить по такому примеру: за несколько лет до Отечественной войны 1812 года император Александр I обратился к Наполеону с просьбой послать в Россию несколько выпускников Парижской политехнической школы.

Среди инженеров, «импортированных» из Франции, оказался Морис Дестрем, впоследствии ставший редактором «Журнала путей сообщения».

Этот человек (кстати сказать, дослужившийся в России до генеральских чинов) неутомимо изыскивал доводы для того, чтобы задержать возникновение железных дорог в нашей стране.

И чего только не придумывал Дестрем! Он утверждал, что надо отдавать предпочтение водному транспорту, проповедывал теорию о том, что Россия, якобы, не созрела для строительства железных дорог. Мрачными красками рисовал он особенности русского климата, «научно» обосновывая невозможность эксплуатации железных дорог в суровых условиях русской зимы, преувеличивал трудности ремонтных работ.

Лицо типичного колонизатора, представителя западноевропейского капитализма, каких немало было в ту пору на русской службе, встаёт перед нами из этих псевдонаучных доводов и уверений.

Столь же решительными противниками развития железнодорожного транспорта в России были и другие иностранцы, вроде главного управляющего путями сообщения герцога Бюртембергского и его преемника барона Карла Толя. Одни и те же доводы. Одна и та же паническая боязнь самостоятельного технического развития России.

В жесточайшей борьбе нового со старым, в борьбе нарождающегося капитализма с умирающим крепостничеством появились на свет первые русские железные дороги. Крепостники восставали против них всеми силами, они пугали правительство крамолой — демократическими идеями, которые распространяются по стране с возникновением новых путей сообщения.

Русские и иностранные реакционеры объединились в блок противников зарождавшегося в России железнодорожного транспорта.

Но несмотря на отсутствие поддержки со стороны правительства изобретатели-патриоты отдавали все свои силы любимому делу.

Активными поборниками развития железных дорог были лучшие представители прогрессивной части русского общества — А. С. Пушкин, В. Г. Белинский, В. Ф. Одоевский, Н. А. Бестужев.

Примечательны слова, сказанные Белинским Ф. М. Достоевскому, когда писатели встретились неподалёку от сооружавшегося вокзала железной дороги Петербург—Москва:

«Я часто захожу взглянуть, как идёт постройка. Хоть тем сердце отведу, что постою и посмотрю на работу: на конец-то у нас будет хоть одна железная дорога. Вы не поверите, как эта мысль облегчает мне иногда сердце».

Движение нового всегда неодолимо. Как ни сопротивлялись реакционеры, в России всё же развернулось железнодорожное строительство. Но и тут недруги нашей страны пытались направить развитие путей сообщения в выгодную для них сторону. Проповедуя теорию вековой отсталости России, они утверждали, что она не сможет создать железнодорожный транспорт собственными силами, и призывали привлекать для этой цели иностранный капитал. Сторонником привлечения средств из-за границы, способствовавшим экономическому закабалению нашей Родины, был и первый помещик России—император Николай I.

Но передовые русские люди хорошо понимали, к чему может привести такое преклонение перед иностранной.

Один из прогрессивных русских инженеров того времени Н. И. Липин писал: «Отдача работ в иностранные руки неизбежно повлечёт за собой заказ рельсов с принадлежностями, паровозов и вагонов за границею и нанесёт окончательный удар возникающему на наших заводах производству этих потребностей и поставит наше отечество навсегда или по крайней мере на долгое время в зависимость от иностранных заводов, зависимость, которая будет иметь весьма неприятное для нас следствие ..., поставит нас в необходимость быть только учениками и подражателями иностранному механическому искусству, следовать рабски и издали за его успехами...».

Но если в первой половине XIX века противникам железнодорог удавалось тормозить их возникновение и развитие, то во второй половине того же столетия положение изменилось. Наступило время великой ломки. Крепко становится на ноги русский капитализм и, как писал Владимир Ильич Ленин, «... в несколько десятилетий совершались превращения, занявшие в некоторых старых странах Европы целые века»<sup>1</sup>.

Попытка ознакомиться с началом железнодорожного строительства перенесёт нас в XIX век, в ту аграрную Россию, которой некогда была наша страна. Основной продукт производства и торговли—хлеб. Этую направленность экономики России отражал молодой железнодорожный транспорт. «Хлебовозные» магистрали, сооружённые в ту пору, связали плодородные центры страны с портовыми городами—

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Сочинения, изд. 4-е, т. XVII, стр. 95—96.

Ригой, Либавой, Одессой, Николаевом и сухопутной западной границей.

С каждым годом дорог строилось всё больше и больше. Их сооружали частные компании, действовавшие в атмосфере невероятного ажиотажа. Шла купля и продажа земельных участков. Взлетали цены на земли, по которым предполагалось проложить стальные пути. Рассовывались взятки «влиятельным лицам».

Золотом набивали сейфы предприниматели, взявшим в свои руки железнодорожное строительство. Кровавый пот, нищета, голод стали уделом людей, оставлявших на железнодорожных стройках здоровье, а зачастую и жизнь. Но разве это волновало предпринимателей? Кругом было так много дешёвых рабочих рук!

Железнодорожное строительство пробудило к жизни и промышленность. Новые магистрали нуждались в металле, паровозах, вагонах. В ответ на требования транспорта на юге России возникает металлургия, русские заводы начинают выпускать паровозы и вагоны, крепнет железнодорожная наука, создаются специальные учебные заведения.

В классическом труде В. И. Ленина «Развитие капитализма в России» мы находим убедительные цифры, красноречиво рассказывающие о подъёме железнодорожного строительства тех лет. С 1865 по 1875 год средний годовой прирост железнодорожной сети составлял 1 500 километров, а с 1893 по 1897 год около 2 500 километров.

За этим бурным ростом железнодорожной сети скрывались мрачные фигуры заводчиков и банкиров, наживавших бешеные прибыли, накапливавших капитал, неимоверно эксплуатировавших трудящихся, грабивших окраины, к которым протягивались новые магистрали.

Грабительскую политику алчной буржуазии беспощадно разоблачал Владимир Ильич Ленин. «Закаспийская дорога, — писал он на страницах «Искры», — стала «открывать» для капитала Среднюю Азию, «Великую Сибирскую дорогу» (великая не только по своей длине, но и по безмерному грабежу строителями казенных денег, по безмерной эксплуатации строивших ее рабочих) открывала Сибирь...»<sup>1</sup>.

Характерные черты капиталистического развития транспорта того времени вскрыты в этой яркой ленинской оценке.

---

<sup>1</sup> В. И. Ленин. Сочинения, изд. 4-е, т. V, стр. 74.

Проходили годы. Девятнадцатый век сменился двадцатым. Уже давно перестали вершить судьбы русских путей сообщения герцог Вюртембергский, барон Толь, граф Канкрин, уже было построено немало железных дорог, но не угасал дух низкопоклонства перед всем заграничным.

И в самом начале нынешнего столетия произошла весьма скандальная история. На протяжении пяти лет, с 1902 по 1907 год, пороги особняков сиятельных особ в Петербурге обивал некий инженер Лойк де Лобель. Он хотел получить от царского правительства концессию на постройку железной дороги Сибирь—Аляска.

По проекту, о котором много шумела пресса того времени, эта дорога должна была стать частью грандиозной магистрали Нью-Йорк—Париж через Аляску, Чукотку и необозримые просторы России.

Предложения Лойка де Лобеля отклонялись дважды. Пронырливый иностранец, несколько видоизменив условия, снова добивался рассмотрения проекта.

Наконец, 3 мая 1905 года специальное междуведомственное совещание пришло к выводу, что дело это не заслуживает дальнейшего изучения, а поэтому единогласно высказалось за отклонение испрашиваемой Лойк де Лобелем концессии.

Но международный авантюрист хорошо знал нравы царской России. Пока у русского престола пригревались иностранные проходимцы, пока безотчёто верили в могущество зарубежной техники «светлейшие» особы, можно было надеяться на успех.

Лойк де Лобель располагал огромными суммами денег, хотя этот делец был только марионеткой, лишь ловким агентом для поручений. Концессии добивался американский синдикат, во главе которого стоял некоронованный железнодорожный король Америки Эдвард Генри Гарриман.

Этот синдикат не требовал от русского правительства ни копейки. Нет, деньги для строительства пяти тысяч километров путей американцы обещали дать свои. Их интересовало другое — заокеанские бизнесмены зарились на нашу землю. Поэтому-то они и ставили первым условием своей деятельности «решительный указ его величества императора всероссийского о предоставлении «промышленной привилегии» на испрашиваемые земли, шириной приблизи-

тельно по 8 миль с каждой стороны железнодорожной линии на всём протяжении её в Сибири»<sup>1</sup>.

Теперь немного арифметики. Восемь миль равны приблизительно двенадцати километрам. Двенадцать с одной стороны линии, да двенадцать с другой составляют уже двадцать четыре. Достаточно помножить эту цифру на протяжённость магистрали, чтобы получить территорию в 120 000 квадратных километров — пространство, в два раза превышающее площадь Бельгии и Голландии вместе взятых.

Без лишних слов убеждают нас эти простейшие подсчёты в том, что затевалась авантюра грандиозных масштабов. Это с ещё большей очевидностью доказывают условия договора, который синдикат изо всех сил стремился навязать царскому правительству. По договору «в отношении этих (т. е. отчуждаемых — *M. A.*) земель на концессионеров переносятся все права, принадлежащие государству».

Но и этого показалось мало разохотившимся дельцам. Они добивались также права приобретать и другие земли с целью их обработки, разведения плантаций, постройки строений и т. п.; устраивать вспомогательные пути, каналы, порты, плотины, набережные, доки, амбары, элеваторы, трамваи от станций железных дорог, транспортные предприятия на судоходных реках и на море, эксплуатировать рудники, заводы, леса, каменоломни и т. п.

Наконец, вообще «устраивать и поддерживать всевозможные способы сообщения и сношения между двумя материками...».

Диким кажется, что наша страна могла получать подобные предложения. Казалось, надо было бы решительно оборвать зарвавшихся наглецов. Но царское правительство пошло на обсуждение проекта. Его активно поддерживал и председатель Совета государственной обороны великий князь Николай Николаевич.

Но даже с поддержкой великого князя Лойк де Лобель ничего не добился. Испуганное революцией 1905 года, царское правительство не решалось пойти на эту постыдную сделку.

<sup>1</sup> Все документы об авантюре Лойка де Лобеля цитируются по статьям С. В. Славина «Американская экспансия на северо-востоке царской России в начале ХХ века» и «Авантюра Лойка де Лобеля и царский двор», опубликованным в «Летописи севера» № 1, 1949 г.

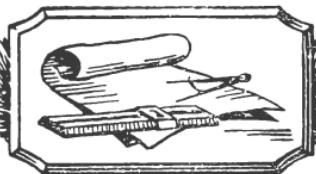
А вот другой пример, не менее характерный для дореволюционной России. Один из инженеров, участвовавших в экономическом обследовании районов, по которым в советские годы прошла Туркестано-Сибирская магистраль, писал:

«Я не знаю, насколько необходимо Северо-Туркестанской дороге превратиться непременно в Туркестано-Сибирскую дорогу и стать кратчайшим путём между Ташкентом и Томском. Очень может быть, что найдутся люди, которым нужно проехать из Томска в Ташкент или обратно и для которых очень досадно совершать кружной путь через Кинель, делая вместо 2 500 вёрст 4 277, т. е. 1 777 вёрст лишних. Но я думаю, что таких людей очень немного и заботиться об их удобствах государству нет безотлагательной и настоятельной надобности»<sup>1</sup>. (Выделено мной—M. A.).

«Безотлагательная и настоятельная надобность» в постройке и этой и многих других дорог появилась после Великой Октябрьской социалистической революции, когда народ стал хозяином своей страны.

---

<sup>1</sup> «Двадцатилетие Турксиба», Алма-Ата, 1950.



## ГЛАВА ПЕРВАЯ

# *Стране нужны дороги*

### **Пути к сокровищам земли**

Необъятна наша страна. Одну шестую часть суши земного шара занимают её просторы. Далеко, к вечным льдам Арктики, уходят северные границы и под палящим солнцем протянулись южные рубежи. Когда на западе заходит солнце, то за тысячи километров, на Дальнем Востоке, первые лучи нового дня озаряют Тихоокеанское побережье.

Огромную территорию Советского Союза вдоль и поперёк пересекают пути сообщения — железные и шоссейные дороги, пароходные и самолётные линии. Велика роль в жизни страны этой сложной сети дорог и не случайно её часто сравнивают с кровеносной системой человека.

Угнетение трудящимся, прибыли капиталистам несли железные дороги на протяжении многих лет. Так продолжалось до победы Великой Октябрьской социалистической революции.

Отступали под ударами молодой Красной Армии банды белых генералов. Очищалась от белогвардейской нечисти советская страна. Упливали за границу пароходы, на которых испуганно жались к своим чемоданам те, кто бессовестно грабил народ, кто наживал на постройках железнодорожных линий бешеные прибыли.

Враги народа навсегда были изгнаны прочь. Русские берега скрылись для них за линией горизонта. А на освобождённой земле, измученной кровопролитными боями, исстрадавшейся во время хозяйственной разрухи времён первой мировой войны, возрождалась жизнь. Ленинские идеи проникали даже в самые захолустные «медвежьи» углы.

Весной 1921 года в Москве в Большом театре собирались делегаты народа-победителя. Люди в серых шинелях-голодные, измученные тяжёлой борьбой за новую жизнь, жадно ловили каждое слово докладчика. Они слушали рассказ о будущем, о том прекрасном будущем, за которое стояли насмерть, отражая натиск врагов. И перед солдатами революции ярким светом засиял ленинский план ГОЭЛРО.

О многом рассказывал этот великий документ. Программа индустриализации крестьянской России, кормившей много столетий своим хлебом весь мир и остававшейся при этом голодной, вырисовывалась из его лаконичных деловых строк.

Царское правительство мало занималось освоением грандиозных природных богатств страны. Оно участвовало в кровопролитных империалистических войнах, в то время как в собственных землях были скрыты несметные сокровища. Веками они лежали под спудом, пока, наконец, их разработкой не занялось миролюбивое Советское государство.

«Второй Донбасс», «Второе Баку» — такие названия получили богатейшие новые угольно-металлургические и нефтяные месторождения, открытые советскими геологами в глубинных районах страны. Заводы-гиганты сооружались в сроки, изумлявшие весь мир. Предприятия-исполны вызывали всеобщее восхищение не только своими масштабами, но и темпами своего создания.

И разумеется, что возникновение новых промышленных районов, сооружение городов на местах, где раньше шуршал степной ковыль или перешёпывались вековые таёжные деревья, не могло бы осуществиться без подъёма железнодорожного транспорта, без сооружения магистралей, связавших сибирский уголь с уральской рудой, сибирский хлеб со среднеазиатским хлопком.

В конце апреля 1930 года газеты всего мира облетело короткое слово «Турксиб». Друзья с радостью, враги со злобой отмечали завершение постройки первенца наших пятилеток — Туркестано-Сибирской железнодорожной магистрали.

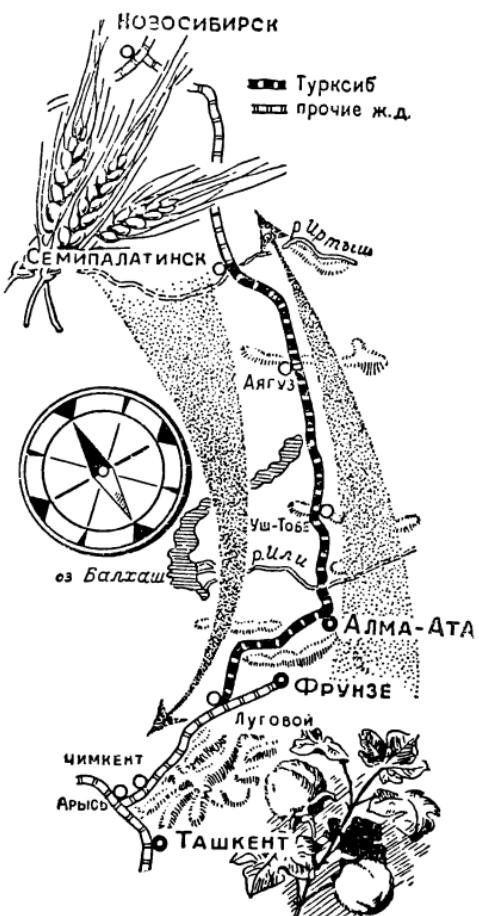
Много трудностей пришлось преодолеть при постройке этой важнейшей дороги. В тяжёлых климатических условиях — знойной жаре летом и свирепых морозах с буранами зимой — строители-железнодорожники прошли весь путь, досрочно выполнив правительственное задание.

И вокруг магистрали сразу закипела жизнь. В Среднюю Азию двинулись важные грузы: хлеб, уголь, лес, а на встречу потянулись эшелоны с «белым золотом» — хлопком. Интенсивно стало развиваться сельское хозяйство. Один за другим возникали промышленные центры и всё это происходило так быстро, так бурно, что грузооборот новой дороги быстро достиг, а затем и превзошёл намеченную цифру. Дорога, буквально не успев родиться, потребовала повышения её проектной мощности.

На положении колонии была Средняя Азия в границах Российской империи. В годы социализма, после постройки Турксиба, вузы, школы, театры, больницы, ясли, детские сады и другие культурные учреждения с небывалой быстротой крепче связала эта магистраль национальные республики с великим русским народом. Район, обслуживаемый новой железной дорогой, не уступал по площади Франции и Италии вместе взятым.

Два десятилетия прошло после пуска Турксиба. За этот период наша страна насчитывает немало подобных побед. В строй вошло много различных железных дорог, расположенных в самых отдалённых районах и областях. И вот как родилась одна из таких железнодорожных магистралей.

Уже в годы гражданской войны, когда линии фронтов



Потоки хлопка и пшеницы потекли навстречу друг другу по новой магистрали

возникали вокруг линии. Ещё крепче связала эта магистраль национальные республики с великим русским народом. Район, обслуживаемый новой железной дорогой, не уступал по площади Франции и Италии вместе взятым.

Два десятилетия прошло после пуска Турксиба. За этот период наша страна насчитывает немало подобных побед. В строй вошло много различных железных дорог, расположенных в самых отдалённых районах и областях. И вот как родилась одна из таких железнодорожных магистралей.

Уже в годы гражданской войны, когда линии фронтов

отрезали от центра бакинскую нефть и нехватало горючего для транспорта и промышленности, возникла проблема разработки Ухтинского нефтеносного района, расположенного на севере европейской части страны.

Прошёл ещё десяток лет. В эти суровые края направилась большая экспедиция учёных разных специальностей. Трудности работы на севере не устрашили советских людей. Они с большевистской настойчивостью вели свою работу, и край, где, по мнению многих царских чиновников, были «немыслимы никакие промыслы», гостеприимно раскрыл им тайны своих несметных сокровищ. Исследователи нашли там не только нефть, но и уголь, миллиарды тонн каменного угля, долголетние грандиозные запасы.

Реализуя указания партии и правительства, советские люди построили Печорскую железнодорожную магистраль, давшую выход углю из «заполярной кочегарки». Выстроенная в годы Великой Отечественной войны в тяжёлых природных условиях, эта дорога пересекла Северный полярный круг, пройдя выше шестьдесят седьмой параллели.

За годы существования Советского государства построены десятки тысяч километров новых путей, почти удвоилась сеть железных дорог нашей страны, протянувшихся к самым отдалённым районам.

Пути, построенные в советские годы, соединили уральскую руду с кузнецким углём. Линии Магнитогорск—Карталы, Курган — Свердловск, Новосибирск — Ленинск, Омск—Магнитогорск (через Челябинск) помогли создать на востоке страны крупнейшую metallургическую базу. Новые магистрали дали выход меди Балхаша и Джезказгана, углю Воркуты, лесам Котласа. Они многим способствовали широкой разработке апатитовых месторождений на Кольском полуострове и калийных солей близ города Соликамска, соединили «Второе Баку» с индустриальными районами, способствовали укреплению транспортных связей Поволжья, Дальнего Востока...

Дороги принесли новый культурный и хозяйственный подъём нашим национальным республикам—Казахстану, Таджикистану, Туркмении, Бурят-Монголии, Татарской республике и многим другим областям СССР.

Этот рост транспорта в наших союзных республиках с особенной яркостью демонстрируют цифры. За тридцать два года, отделяющие 1945 год от 1913, протяжение железнодорожной сети всего нашего государства увеличилось на

93%. А если сопоставить возрастание протяжённости дорог по отдельным союзовым республикам, то окажется, что для РСФСР прирост составлял 62%, для УССР 74%, для БССР 136%, для Казахской ССР 294%. Фактически в ряде республик, как, например в Казахстане, была почти заново построена развитая сеть железных дорог.

В этом широко развернувшемся строительстве отчётливо проявилась политика индустриализации, политика дружбы народов, превратившая наш великий многонациональный союз в могучую державу, обладающую передовой техникой.

Весь опыт строительства в нашей стране позволяет уверенно сказать, что там, где есть природные богатства, там, где бурно растущая промышленность и сельское хозяйство требуют усиления транспортных связей, — во всех этих районах пройдут изыскательские партии, чтобы разведать возможности для постройки новых магистралей.

Иначе и быть не может: обеспечение маxимального удовлетворения постоянно растущих материальных и культурных потребностей всего общества — это цель нашего социалистического производства, это главная задача Коммунистической партии Советского Союза и Правительства нашей страны.

### Какой транспорт избрать?

Когда в капиталистическом государстве возникает необходимость связать с центром какой-нибудь отдалённый район, то бизнесмены видят в новых путях сообщения только возможность наживы. Словно стая голодных волков, набрасывающихся на добычу, они оттирают и отталкивают друг друга. Представители железнодорожных, автомобильных, пароходных и самолётных компаний готовы перегрызть горло своим конкурентам. В погоне за наибольшей прибылью они не брезгают никакими средствами.

Таков волчий закон капитализма. Он сложился на протяжении многих лет и исчезнет лишь тогда, когда сойдёт в могилу капиталистический строй. В этой бешеной драке конкурентов рождаются решения, порой поражающие своей нелепостью.

Весьма характерным примером уродливого развития железнодорожной сети в капиталистических условиях может служить сеть железных дорог США, сложившаяся

в результате ожесточённой конкуренции между железнодорожными компаниями. В США между крупнейшими промышленными и торговыми центрами уложено по несколько параллельных железнодорожных линий. Например, между Нью-Йорком и Чикаго построено 8 крупных железнодорожных магистралей, постоянно конкурирующих друг с другом. В перегонки, «голова к голове» идут по параллельным путям паровозы соперничающих компаний. В одно и то же время доставляются грузы. Возможности дорог в результате нелепой конкуренции недоиспользуются.

И такая ожесточённая борьба происходит не только между железнодорожными концернами. В ней участвуют владельцы автомобильных, пароходных и самолётных линий, а в результате этой свалки капиталистических хищников различные виды транспорта разобщены и не только не помогают, а напротив, лишь мешают друг другу. Бессмысленно разбазариваются миллионы. Жестоко эксплуатируется народ, и всё это происходит только с одной целью — наживы небольшой группы бизнесменов.

Ничего подобного не знает Советский Союз. В нашей великой социалистической стране навсегда схоронены подобные «методы» развития народного хозяйства.

Если в странах капитализма развитие транспорта различных видов разобщено, то у нас оно, напротив, проходит комплексно, в тесной взаимной увязке. Именно в комплексности развития и заключается основная особенность бурного роста наших путей сообщения.

Все виды путей сообщения СССР объединяются в единую транспортную сеть. Поэтому вопрос о том, кому из них отдать предпочтение в конкретных условиях того или иного района задаётся лишь потому, что все звенья этой цепи должны быть неразрывно соединены друг с другом. Каждый из сооружаемых и проектируемых путей должен занять надлежащее место среди остальных.

Что же предпочтеть? Поезд или корабль? Автомобиль или самолёт? Или, быть может, трубопровод? Вот вопросы, которые прежде всего возникают, когда выясняется необходимость создания новых транспортных связей между теми или иными районами.

Только глубоко продумав достоинства и недостатки различных видов транспорта в связи с особенностями пересекаемых районов и условиями работы сети существующих

путей сообщения, удаётся избрать наиболее рациональный из них.

Большими возможностями обладает водный транспорт. Он наиболее дёшев — капитальные затраты по освоению новой речной трассы во много раз меньше, чем при постройке железной дороги.

Грузоподъёмность современных барж превышает загрузку нескольких сот четырёхосных вагонов. Одна такая баржа грузоподъёмностью 10—15 тысяч тонн может вместить груз нескольких железнодорожных составов. На судоходных реках обычно имеют место очень пологие уклоны. Силы трения воды о днище судов при небольших скоростях движения сравнительно невелики. Поэтому несоизмеримы и затраты мощности, необходимой для движения поездов и речных буксиров. Буксирный пароход с двигателем в 1 500 лошадиных сил может тянуть баржи общим весом до 40 000 тонн, в то время как паровоз ФД, обладая мощностью, почти в два раза большей, движет составы, примерно в десять раз уступающие весу барж.

Эти колоссальные преимущества речного транспорта, не требующего к тому же таких значительных затрат металла, как железные дороги, и объясняют причины широко развернувшегося строительства каналов, той настойчивой и планомерной работы по превращению большинства наших рек в пути сообщения, которая ведётся сейчас в Советском Союзе.

Но, увы, у водных путей есть и отрицательные черты. Прежде всего — сезонность их работы. Когда мороз вступает в свои права, навигация прекращается. Затем — скорость; при перемещении грузов водой она значительно ниже, чем на железных дорогах, на автотранспорте и в особенности на воздушных линиях. Реки, которые многие склонны рассматривать как даровые дороги, требуют немалых затрат на гидротехнические работы. Чтобы водный путь действовал безотказно, приходится выправлять русла и углублять дно. Каналы же требуют немалых капиталовложений и их можно строить далеко не повсюду.

Поэтому обычно водные пути удаётся использовать лишь в том случае, когда это позволяют подходящие природные условия.

Большими возможностями обладает и автомобильный транспорт. Постройка автомагистралей обычно дешевле

сооружения железных дорог. Автомобиль нередко выполняет перевозки быстрее поездов. Он не связан в своём движении с рельсовой колеёй.

Однако несмотря на то, что автотранспорт всё шире распространяется в нашей стране, он не конкурирует с железнодорожным транспортом, а работает в сочетании с ним. Хотя за последние годы в СССР достигнуты значительные успехи в использовании автотранспорта и для магистральных перевозок на значительные расстояния, однако автомобильный транспорт в основном используется пока для перевозок на короткие расстояния, средняя дальность которых почти в 70 раз меньше, чем у железных дорог.

Всё возрастающую роль в системе путей сообщения нашей страны играет за последние годы воздушный транспорт, а впереди ещё большие перспективы. Пятый пятилетний план предусматривает удвоение грузооборота воздушных путей.

Воздушный транспорт не имеет себе равных в скорости. Тысячекилометровые расстояния самолёт преодолевает не за дни, а за часы. Ему не нужны дороги, возведение которых требует больших затрат, но перевозки по воздуху обходятся гораздо дороже и никак непригодны для переброски массовых, сравнительно дешёвых грузов.

И только тщательно сопоставив возможности всех этих видов транспорта, а для нефтеносных районов добавив к ним ещё и транспорт трубопроводный, в каждом конкретном случае принимают решение о том, какой же вид транспорта или какое их сочетание окажется наиболее целесообразным.

Этот отбор или сочетание различных видов транспорта применительно к запросам различных районов отнюдь не похожи на ту конкуренцию, которая имеет место в странах капитализма. Чтобы сущность этого отбора, ставящего целью не задачи обогащения какой-то группы людей, а, напротив, достижение наибольшей экономии государственных средств, была очевидна, обратимся к простому и наглядному примеру. Представим себе типичный случай, типичный в условиях нашей великой страны

За несколько сот километров друг от друга расположены два района. Один богат рудой, недра другого таят в себе обильные запасы угля. Эти районы надо соединить друг с другом, связать их той прочнейшей транспортной нитью, которая позволит на базе этих двух месторождений сорудить новые металлургические заводы, превратить неболь-

шие селения в города, в крупные металлургические центры. Люди, решающие эту задачу, понимают, что для успешного её решения необходимо соорудить новую мощную магистраль.

Но какой способ перевозок окажется наиболее целесообразным?

В нашем примере сделать вывод сравнительно просто. Условия задачи с предельной ясностью свидетельствуют о том, что нужна именно железная дорога. Она не ограничена сезонностью перевозок, как река. В условиях предполагаемой дальности и при значительных размерах перевозок она экономически выгоднее, нежели автомобильный транспорт. Здесь не требуется та быстрота перевозок, которую обеспечивает авиация. Но далеко не всегда преимущества одного какого-то вида транспорта или одной какой-то их комбинации столь очевидны, не всегда так просто выявляется наиболее удобный способ перевозок.

Пусть, например, в нескольких десятках километров от нашей дороги окажется богатый сельскохозяйственный район, отправляющий и получающий немало грузов. В этом случае возникает вопрос: отклонить ли железную дорогу от прямого направления для захода в район за счёт увеличения дальности перевозки угля и руды или не удлинять дорогу, а грузы сельскохозяйственного района подвозить к ней автотранспортом?

Решение такого вопроса требует точного учёта целого ряда конкретных условий и находят его только с помощью расчётов.

Много дорог в Советском Союзе, но требуется их ещё больше. Ни на день, ни на час не прекращают работу строители. Мощные машины роют грунт. Заряды взрывчатки раздробляют скалы. По земляному полотну укладываются шпалы и рельсы.

А пока движутся поезда, пока строятся новые дороги, люди, работающие в изыскательских экспедициях и проектных институтах, заглядывают в будущее.

### Дорога, которой пока ещё нет

Пусть установлено, что дорогу строить надо. Выяснилось, что направить её придётся от пункта *А* до пункта *Б*. Мы не называем здесь этих пунктов вполне сознательно, так как будем «проектировать» условную дорогу.

Условную потому, что на ней искусственно собраны многие наиболее трудные случаи, которые могут возникнуть в практике изысканий и проектирования железнодорожной линии.

Вы прочтёте в этой книге о преодолении полноводных рек и горных перевалов, о продвижении через районы оползней, карстов, лавин, о победе над вечной мерзлотой и движущимися песками пустынь, о прокладке линии через зыбучие болота. Изыскатели, работающие в Средней Азии, не знают неприятностей вечной мерзлоты и болот, но зато они преодолевают трудности, которые связаны с пересечением пустынь. Люди, изыскивающие дороги в равнинных районах, не встречают лавин, которые бывают в горах. В разных концах Советского Союза встречаются свои трудности, поэтому только на нашей условной дороге можно рассмотреть их все вместе взятые, чтобы с достаточной полнотой раскрыть многообразие изыскательских и проектных работ.

Сложна и ответственна работа изыскателей. Через горы, долины, степи, леса, реки, болота проходят отряды инженеров, изыскивая наиболее целесообразные направления будущих линий.

Большой объём работ, важное государственное значение вопросов проектирования новых железнодорожных магистралей придают особую ответственность решениям, которые приходится принимать. Такие решения должны быть очень хорошо обоснованы. Их фундамент — изучение производительных сил районов и областей, через которые должна пройти будущая дорога. Глубочайший анализ государственных планов развития народного хозяйства страны лежит в основе этой работы. И, закончив её, можно увидеть картину, не всегда доступную даже пылкому воображению авторов фантастических романов.

С величайшей гордостью встретил советский народ введение в строй Волго-Донского судоходного канала имени В. И. Ленина. Был создан великий водный путь. Пять морей теперь связаны друг с другом. Воплотилось в жизнь то, о чём много лет люди только мечтали.

Но ещё задолго до того, как стала явью старинная мечта русского народа, проектировщики, склонившиеся над картами, увидели эти края такими, какими они стали сегодня и какими будут завтра. Их карандаши смело намечали линии, превратившиеся сейчас в шоссейные и железные до-

роги. Точки на берегах Волги и Дона выросли в порты, оборудованные по последнему слову техники, чёрточки, пересекающие эти великие реки, стали красавцами-мостами.

Волго-Дон уже построен, а впереди не менее увлекательные перспективы. Вот, например, проблема Ангары, быстрой и полноводной реки, растянувшейся почти на 2 000 километров и занимающей по своим энергетическим ресурсам одно из первых мест во всём мире. Несметными богатствами обладает этот район. Здесь расположены Иркутско-Черемховское угольное месторождение, Ангаро-Илимский железорудный район, богатейшие залежи поваренной и калийной солей, гипс, широко применяемый в строительстве, сырьё для алюминиевой и химической промышленности. На берегах Ангары растут дремучие леса деревьев ценнейших пород, населённые пушным зверем.

Гигантский район—площадь бассейна реки Ангары—измеряется сотнями тысяч квадратных километров. В местах, где сейчас раскинулась тайга, будут созданы новые города, возникнут металлургические гиганты и шахты, линии шоссейных и железных дорог прорежут край великих богатств, позволяя использовать их на благо народа.

Так, твёрдо основываясь на глубоком знании экономики страны, рассматривая её не только в нынешнем состоянии, но и в будущем, люди, намечающие направления новых дорог, выполняют свою работу, сообразуя её с общим ростом производительных сил. Когда заканчивается эта часть их труда, готов ответ на первый вопрос о том, какие перевозки должна обеспечить новая магистраль.

Дорога не спроектирована и не построена. Дороги ещё нет. Известны только районы, которые она должна соединить, определены размеры предстоящих перевозок, выбраны конечные пункты, между которыми необходимо проложить стальные пути.

Но какой будет новая магистраль? Этот вопрос возникает немедленно после того, как установлен характер предстоящих перевозок, и ответ на этот вопрос инженеры-проектировщики дают, работая в тесном содружестве с инженерами-экономистами.

Экономические изыскания позволяют определить, в каких районах нужно строить новые пути сообщения, они же устанавливают для каждого конкретного случая расчётные размеры перевозок и требуемую мощность проекти-

руемой дороги. Расчёты, связанные с экономикой, проходят сквозь все проектные работы. Слово людей этой профессии крайне важно и в установлении облика дороги, которую предстоит создать большому коллективу самых различных специалистов.

Масштабы перевозок повлияют на план и профиль новой магистрали. Чем больше грузов предстоит перевозить, тем положе должны быть подъёмы и спуски, тем меньше кривых следует устраивать на линии.

От экономических расчётов, связанных с количеством грузов, которые должны быть перевезены по дороге, зависит выбор числа путей — строить ли её однопутной или двухпутной.

Десятки разнообразнейших вопросов, тесно взаимосвязанных и переплетающихся друг с другом, решаются на этой стадии проектных работ, и только после того как найдены на них ответы, удаётся обрисовать первые контуры магистрали. Затем уже можно подать соответствующие команды многочисленным отрядам специалистов, которые входят в единый коллектив изыскателей-проектировщиков, и задать направление в их работе.

На последующих страницах мы расскажем подробно о различных этапах создания проекта. Пока же обрисуем труд экономистов, которые должны наметить возможные направления исходя из существующей сети дорог и состояния производительных сил соединяемых районов в их настоящем и будущем.

В своей увлекательной книге «По дорогам пятилетки» писательница Мариэтта Шагинян рассказывает, с каким высоким творческим подъёмом решали вопрос о выборе главного направления инженеры-проектировщики и инженеры-экономисты, разрабатывавшие один из важнейших участков Южно-Сибирской магистрали между Магнитогорском и Куйбышевом. На этом участке сопоставлялись два варианта — северный и южный. Преимуществом южного была большая простота постройки линии, меньшая протяжённость тоннелей, участков с крутым уклоном, где составы приходится вести двумя паровозами. На 130 миллионов рублей дешевле обошлась бы постройка южного варианта и на 10 миллионов рублей в год удалось бы уменьшить эксплуатационные расходы.

О каком же споре шла речь? Ведь один вариант явно уступает другому, — вправе сказать нам читатель. Разве

можно что-нибудь противопоставить такой значительной экономии государственных средств?

Да, можно! Решительно отвечали экономисты защитникам южного варианта, предъявляя к выбору направления проектируемой линии требования, которые столь характерны для советского железнодорожного строительства.

Справедливо, что южный вариант более экономичен и, если бы задачей дороги была бы только связь двух пунктов—Магнитогорска и Куйбышева,—то, вероятно, этот вариант следовало бы положить в основу. Но цель, стоявшая перед проектировщиками, выдвигала задачи более широкие. Протянувшись на 800 километров, дорога должна была дать жизнь огромному району, который прилегает к ней. С этой точки зрения южный вариант уступал северному. Его направление в основном шло по районам, нуждавшимся в новых путях сообщения с гораздо меньшей остротой, и лишь кое-где пересекало месторождения руды и угля.

Совсем противоположная картина открывалась с точки зрения экономистов на северном направлении. Тут строить было, несомненно, труднее, большие трудности предполагались и в эксплуатации, но зато северный вариант пролегал по краю, где отсутствие транспорта не позволяло использовать огромные лесные богатства, он подходил к богатейшим месторождениям железной руды, позволяя освоить новое рудное месторождение для Магнитогорского металлургического комбината. Да, на стороне северного варианта, несмотря на его дороговизну, были такие важные преимущества, что инженеры-экономисты решительно отвергли южное направление.

И проектировщики, мобилизовав все свои силы на разработку северного варианта, помогли принять окончательное решение. За счёт электрификации новой магистрали они сумели резко изменить картину, вырисовывавшуюся из технико-экономических расчётов: перевод на электротягу делал дорогу достаточно экономичной и при северном её направлении.

Принимая своё решение, проектировщики Южсиба опирались на богатый опыт нашего железнодорожного строительства, убедительно свидетельствовавший о всестороннем развитии тех районов, через которые проходят новые магистрали.

Вот почему они отдали предпочтение более трудному, се-

верному варианту линии между Куйбышевом и Магнитогорском.

Подобных примеров, когда творческая работа проектировщиков, основанная на глубочайшем изучении экономики, приводила к полностью оправдавшим себя решениям, можно привести множество. Вот ещё один из них. Совсем недавно понадобилось усилить транспортные связи Донбасса с великой водной магистралью — Волгой.

Технико-экономические расчёты логично обосновали вариант, в два с половиной раза сокративший путь поездов. Новая дорога Морозовская — Куберле пересекла Цимлянское море прямо по гребню гигантской плотины. Но такое уменьшение дальности перевозок, будучи само по себе уже большим достижением, явилось лишь частью достигнутого успеха.

Экономический анализ выявил возможность существенного изменения движения грузов в южном районе нашей железнодорожной сети между центральной частью СССР и Кавказом. «Узкое место» — одно из южных направлений — перестало быть помехой. Поток грузов обошёл его стороной.

На 500 километров сократила расстояние между Карагандой и Магнитогорском дорога Карталы—Акмолинск. Линия Туапсе—Сухуми длиной всего лишь 219 километров уменьшила протяжённость пути следования грузов от Тбилиси до центра страны на 659 километров, а от Сухуми до центра на 1 500 километров.

И все эти сэкономленные километры, а вместе с ними десятки миллионов тонно-километров работы железных дорог и сотни миллионов рублей сбережённых государственных средств явились результатом глубокой и вдумчивой работы экономистов.

Решая подобные задачи, советские экономисты располагают широчайшими возможностями. Вот, например, они подготавливают материалы для проекта линии, которая пройдёт в нефтеносном районе страны. Если направиться проторенной дорогой, то следует определить объём перевозок (с учётом перевозки по железной дороге и нефтегрузов), установить грузооборот и исходя из него выполнять проектные работы.

Просто и ясно. Но нет!

Это путь наименьшего сопротивления, — говорит экономист, творчески решая возникшую задачу. И без нефти по

дороге пойдёт очень много других разнообразных грузов. Поэтому проектировщики решают пойти на сочетание железнодорожного транспорта с трубопроводным: построить вдоль будущей магистрали трубопровод и не возить нефть или нефтепродукты в цистернах, а гнать их по трубам. Такое решение выгодно со многих точек зрения — прокладка трубопровода не вызовет большого увеличения стоимости строительства, да и в эксплуатации трубопровод удобнее. В четыре раза дешевле перекачивать нефть и нефтепродукты по трубам, нежели перевозить их в железнодорожных цистернах.

И вот такого согласования различных средств сообщения ищет экономист, намечая контуры будущей дороги.

Увязывая друг с другом существующие пути и проектируемые железнодорожные, водные, воздушные, автомобильные и трубопроводные магистрали, советские специалисты создают единую государственную транспортную сеть, в которой от каждого вида транспорта берётся то наиболее рациональное, что он может дать.

Продолжая оставаться основным видом путей сообщения, железные дороги получат мощное подспорье. Грузооборот всех видов транспорта, как предусматривают директивы XIX съезда партии, будет расти. Для речных перевозок в пятой пятилетке он увеличится на 75—80%, для морских на 55—60%, для автомобильных на 80—85%, для воздушных не менее чем в два раза и для трубопроводного транспорта примерно в пять раз.

В этих цифрах выражена программа присущего социалистическому обществу комплексного развития путей сообщения, программа, требующая для своего воплощения в жизнь неутомимых исканий нового.

## Проектирование началось

Итак, первейшая задача, которую решает коллектив экономистов и инженеров, — это изучение производительных сил, знакомство с богатствами краёв и районов, изучение их промышленности и сельского хозяйства.

Дорога обслужит какой-то район. Она будет вывозить и доставлять ему всё необходимое. Эту зону действия будущей линии называют районом тяготения.

Каковы запасы полезных ископаемых района тяготения? Каковы его энергетические ресурсы? Обладает ли он

нефтью, углём, реками, на которых можно сооружать гидростанции? Что представляют собой промышленные предприятия? Какое сырьё им необходимо и в каком количестве? Куда вывозится их продукция? Достаточно ли развито сельское хозяйство? Как используются пахотные земли? Велики ли возможные урожаи? Какие сельскохозяйственные продукты можно вывозить, а какие, напротив, необходимо доставить?

Десятки подобных вопросов встают перед экономистом, и для того чтобы правильно ответить на них, приходится знакомиться и с прошлым, и с настоящим, и с будущим. Экономист должен ясно увидеть облик района таким, каким он есть, и таким, каким он может стать после того, как начнёт действовать дорога.

Представив себе взаимосвязи района тяготения, экономист анализирует возможности новой дороги. Он сочетает их с возможностями уже существующих путей сообщения, определяет, какие потоки грузов можно оставить на построенных линиях, а какие целесообразно передать для перевозок на новую дорогу.

Многое должны предусмотреть экономисты. И только работая в тесном контакте с людьми, планирующими развитие промышленности и сельского хозяйства, им удаётся добиться нужных результатов.

Чтобы систематизировать все многочисленные сведения, составляют специальные таблицы межрайонных обменов.

Как на поле шахматной доски, любую клетку можно отыскать в пересечении горизонтального и вертикального ряда, так и в этих, так называемых косых таблицах, которые практики часто называют «шахматками», горизонтальные и вертикальные ряды, встречаясь друг с другом, показывают, что отправляют отдельные районы и какие грузы им требуется привезти. Идея «шахматок» очень проста: по вертикали районы расположены как отправители, по горизонтали — как получатели.

Производя экономические изыскания, экономист предвидит, как расширятся и разовьются районы, через которые пройдёт стальной путь, как возникнут новые фабрики и заводы, зернохранилища. Ему ясно, что число жителей в городах возрастёт, будут построены новые школы, техникумы, институты. Много нового принесёт с собой железная дорога ...

Проектировщик смотрит на карту, вчитывается в сведе-

ния о промышленности и экономике районов и словно слышит голоса: «Проведите дорогу ко мне — я принесу стране нефть!.. И ко мне — я дам каменный уголь! .. Ко мне тоже—у меня непрерывно растёт сельское хозяйство, осваиваются тысячи гектаров целинных земель!».

Но с принятием решения торопиться нельзя. Всё надо обдумать. Все «за» и «против» тщательно взвесить.

Удовлетворить полностью многочисленные местные запросы невозможно. Если попытаться это сделать, то магистраль получится очень длинной, дорогой в постройке и неудобной в эксплуатации. Ведь чтобы соорудить километр пути, приходится затрачивать до миллиона рублей, около 150 тонн металла, около 100 тонн цемента до 2 000 кубометров балластного материала, укладываемого под шпалы, произвести огромные земляные работы. Поэтому ряд районов магистраль минует.

Один — потому, что он обладает хорошим шоссе, да к тому же железная дорога пройдёт от него всего на расстоянии нескольких десятков километров. Автотранспорта вполне достаточно для его обслуживания.

Другой — сельскохозяйственный, расположен на большой судоходной реке и отправляет свои основные грузы во время навигации, а водные перевозки дешевле железнодорожных.

К третьему — стальные пути протянутся, когда разрастётся его хозяйство, а пока придётся обойтись автомашинами, а в отдельных случаях и узкоколейками.

Но есть такие пункты, которым магистраль нужна, как воздух. Именно через них и направляет экономист проектируемую линию. Он имеет все основания так поступить. Расчёты показывают, что выбранное решение наиболее правильное, что линия, проведённая в этом направлении, особенно необходима стране.

Без экономических расчётов дороги не построишь. Дороги ещё нет даже на бумаге, но уже необходимо определить её пропускную и провозную способность: подсчитать число поездов, которые она должна пропускать, и установить количество грузов, которое необходимо перевозить.

Работу проектировщиков новой дороги можно сравнить с трудом художника. Начиная рисунок, художник прежде всего набрасывает грубые контуры. Так поступают и инженеры. Дорога ещё не построена и не спроектирована, но облик её уже вырисовывается из таблиц и графиков эко-

номических расчётов. Экономисты наметили контуры, положили первые штрихи проекта — портрета будущей магистрали. Этот облик будущей дороги, который создаётся долгим и упорным трудом, сложен и многообразен. Перечень сооружений и устройств, из которых складывается новая магистраль, велик, в него входит много десятков названий: земляное полотно, рельсовый путь, мосты, перекинувшиеся через реки, трубы, в которые заключены небольшие ручьи, станции, вокзалы, жилые дома, где поселятся люди, обслуживающие дорогу, паровозные и вагонные депо для эксплуатации и ремонта подвижного состава, энергетическое хозяйство, телефонная, телеграфная и радиосвязь, устройства сигнализации и блокировки, система водоснабжения и т. д.

И для того чтобы строители могли получить от проектировщиков точные технические документы — рабочие чертежи, — люди самых различных специальностей выполняют большую работу. Повседневный труд тесно переплетается здесь с настойчивыми, пытливыми поисками нового. Эти поиски, особенно относящиеся к изысканиям, могут принести государству экономию, составляющую сотни миллионов рублей.

Итак, общие черты магистрали намечены. Результаты экономических изысканий как бы говорят инженерам: вот вам тот район тяготения, который должна обслужить проектируемая линия, точное описание её роли и назначения, вот желательные варианты направления будущей дороги, диктуемые требованиями экономики, сведения о пассажирах и грузах, которые надо перевозить, места, где обязательны станции.

Но пока собрана только часть тех материалов, которые послужат основой для составления проектного задания.

## От проектного задания к рабочим чертежам

Первой, начальной стадией проектирования является разработка так называемого проектного задания. В проектном задании — документе, обобщающем основные сведения экономических изысканий и первой стадии технических изысканий, должны быть даны исчерпывающие ответы на весьма разнообразный круг вопросов. Как и на последующих этапах работы, техника тесно переплетается здесь с экономикой.

Дополняя своими сведениями материалы экономистов и продолжая работать совместно с ними, проектировщики должны прежде всего выявить важнейшие технические характеристики будущей дороги: определить число путей, род тяги и тип локомотива, величину наибольших уклонов. Здесь же, на этой самой первой стадии проектирования, производится выбор направления проектируемой дороги и условий её примыкания к существующим железнодорожным линиям, устанавливаются возможные сроки постройки дороги и намечаются источники снабжения строительства материалами.

Составляя исходный документ, который затем будет разработан и придирчиво уточнён, приходится проделывать огромную работу. Этот труд основывается на глубоком и всестороннем изучении местности, на рекогносцировочных, а затем и более подробных предварительных изысканиях.

Только тщательно изучив топографические и геологические условия района, где пройдёт дорога, сначала по картам, планам и аэрофотоснимкам, а потом непосредственно на местности, изыскатели смогут выявить все возможные варианты трассы, отбросить явно неприемлемые (как их иногда называют неконкурентноспособные), чтобы тщательным анализом качеств оставшихся вариантов отобрать из них наиболее целесообразный. Лишь после того, как будет отобран этот лучший из вариантов, лишь после дополнительного тщательного его обследования, т. е. проведя окончательные изыскания, инженеры составят технический проект.

Технический проект содержит достаточно подробные сведения о большинстве объектов предстоящего строительства и может служить документом для того, чтобы начать основные строительные работы. В нём с достаточной полнотой должны быть определены все типы, размеры и конструкции отдельных сооружений и устройств, установлена их проектная мощность и подсчитаны объёмы и стоимость предстоящих работ.

Составляя технический проект, инженеры обязаны закончить проектирование плана и профиля трассы, т. е. установить положение в пространстве оси будущей дороги, определить места размещения станций как больших, так и малых и наметить их типы, выбрать места переходов через реки, спроектировать систему питания линии водой и электрической энергией и т. д.

Такая подробная разработка проекта делается для того, чтобы строители могли приступать к делу, не ожидая, когда инженеры самых различных специальностей закончат во всех деталях составление рабочих чертежей.

В процессе создания проекта экономика интересует проектировщиков не только на первых этапах их работы. Нет, технико-экономические расчёты красной нитью проходят через все этапы проектирования. Пронизывая всё многообразие выполняемых работ, они в каждом случае помогают принимать наиболее правильные, наиболее рациональные решения.

Таковы пути к созданию новой магистрали, проложенные десятилетиями опыта. О них и пойдёт наш дальнейший рассказ.



## ГЛАВА ВТОРАЯ

# *Инженеры-разведчики*

### **Линии на карте**

Как и в экономических изысканиях, первое знакомство инженеров-проектировщиков с районами, которые пересечёт дорога, начинается за письменными столами, в так называемых камеральных (кабинетных) условиях.

Перед проектировщиками разложены разноцветные полотнища карт топографических, геологических, гидрологических, экономических. Читая понятный ему язык карт, инженер знакомится с рельефом местности, её грунтами, растительностью, реками. Продумывая и обобщая все эти сведения, он воссоздаёт себе облик района и уточняет направления дороги, которые были намечены в процессе экономических изысканий.

Самые разнообразные сочетания рельефа местности, её геологии, причудливых изгибов речных долин и многие другие обстоятельства обязывают проектировщиков к упорной творческой работе. Иначе нельзя выявить наиболее удачные направления трассы между районами, которые должна соединить дорога. Этот процесс называют техническими изысканиями. Такие изыскания обычно производятся несколькими этапами с постепенным уточнением всех элементов проектируемой дороги: стадии рекогносцировочных, предварительных и окончательных технических изысканий последовательно сменяют друг друга.

Многообразная работа по проведению технических изысканий начинается с рекогносцировки. Основная задача этой стадии — уточнение по особенностям топографии, геологии и другим местным условиям возможных вариантов трассы проектируемой дороги.

Если бы трассу проектируемой дороги можно было уложить по прямой, соединяющей конечные пункты будущей магистрали, то она оказалась бы наиболее короткой. Но в большинстве случаев такого решения принять нельзя, так как прямолинейная трасса, многократно пересекая реки и горы, может потребовать возведения дорогих мостов, сооружения высоких насыпей и глубоких выемок, постройки тоннелей и других сложных инженерных сооружений. К тому же проектировщик не должен забывать о необходимости захода в промежуточные пункты, установленные в результате экономических изысканий.

Выполняя требования экономики и в то же время стремясь изыскать наиболее короткий путь, проектировщик вначале чертит ломаную линию, отрезки которой соединяют опорные точки, намеченные экономистами. Это так называемая воздушная трасса. Чем ближе подойдёт к ней реальная ось дороги, тем более короткой окажется новая магистраль.

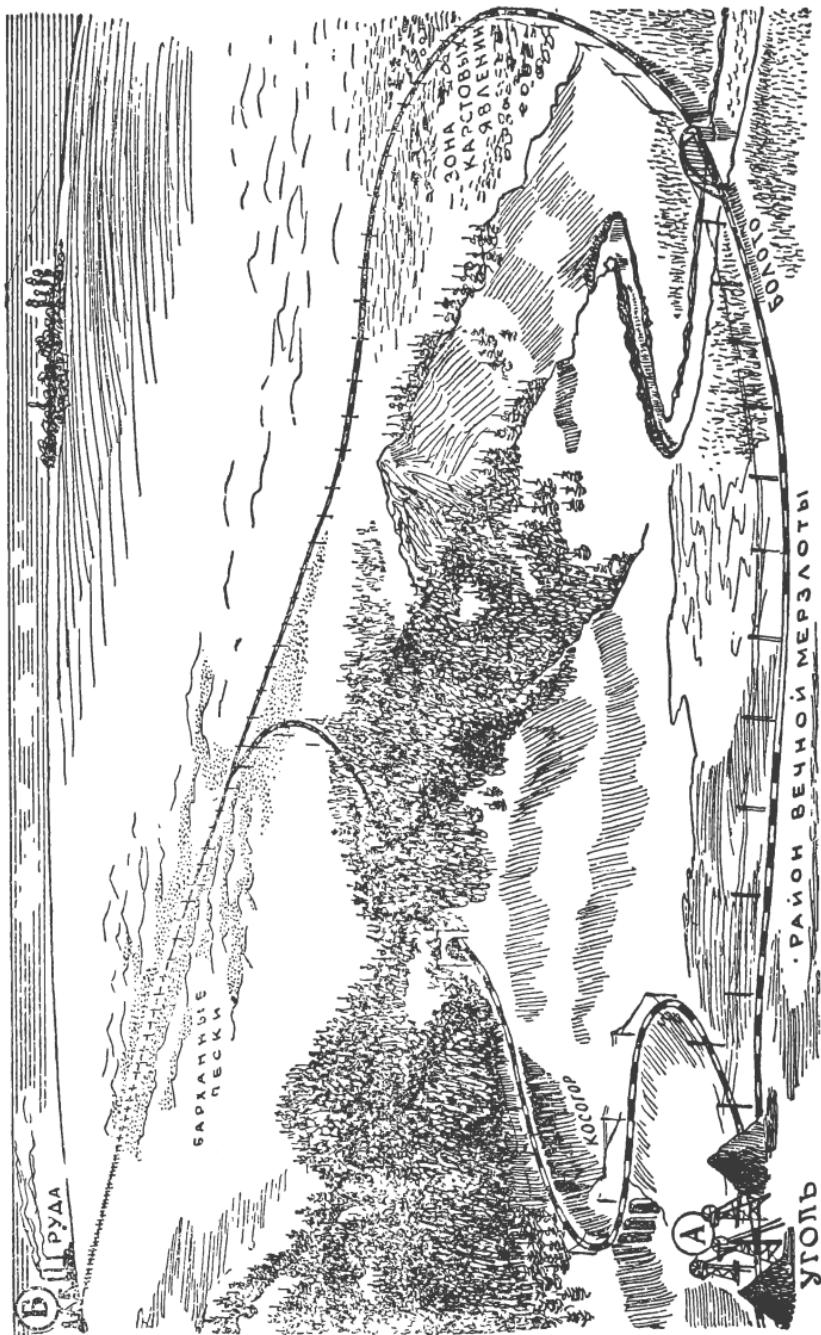
Инженеры намечают ряд вариантов. Каждый из них обладает достоинствами и недостатками. Один удобен потому, что короче всех остальных. Но если его принять, придётся строить лишний мост, прорывать глубокие выемки и возводить высокие насыпи. В другом линия имеет большую протяжённость, но зато меньший объём земляных работ. Третий был бы совсем хорош, но дороге придётся пересечь заболоченные места и строить её будет трудно.

Сколько разных обстоятельств следует продумать! Сколько противоречивых соображений положить на чаши весов!

Много линий выводит на картах карандаш проектировщика. А потом начинается внимательный отбор. Один за другим отпадают все худшие варианты и, наконец, остаются два-три, по которым сразу решения не примешь. Они уверенно спорят друг с другом. За это их и называют конкурентноспособными.

Допустим, что вариантов-соперников в нашем случае оказалось только два. Камеральная рекогносировка показала, что трассу от *А* до *Б* удобнее всего проложить, либо пересекая горный район либо обойдя горы стороной, но увеличив длину линии.

Пути через горы и в обход соперничали друг с другом. Но за горным перевалом они сходились и дальнейший участок магистрали был общим для обоих вариантов.



Из двух вариантов трассы надо выбрать наиболее целесообразный

Ни один из вариантов не был настолько хорош, чтобы ему можно было отдать решительное предпочтение, а без этого нельзя было разрабатывать технический проект. И вот поисками правильного решения, подбором материалов для его обоснования и занялись изыскатели, выехавшие в поле после завершения подготовительной камеральной работы.

Дорога, которую предстояло строить, была срочным объектом. Народное хозяйство нуждалось в ней с большой остротой. Одновременно с проектированием магистрали велась подготовка к строительству металлургических заводов, которые должны были разместиться подле одной из конечных станций. Новые заводы в свою очередь должны были дать металл ряду машиностроительных предприятий. Таким образом, проектируемая железнодорожная магистраль становилась важным звеном в решении целого комплекса народнохозяйственных задач. Жизнь властно требовала быстрого ввода её в эксплуатацию.

И вот, для того чтобы в предельно короткий срок собрать все сведения о намеченных вариантах трассы, решено было провести обследование местности не только на земле, но и с воздуха, используя возможности аэроизысканий.

### Разведка с воздуха

Быстрота и широта обследований — вот существенные преимущества авиационной разведки, которые уже давно способствовали её внедрению в практику изыскательских работ. Проложив по картам ряд маршрутов и отобрав из их числа наилучшие, проектировщики посыпают в этих направлениях самолёты. Быстро обследуются с воздуха различные направления. Особенно это важно в тех случаях, когда обширные пространства, по которым должна проходить дорога, изучены недостаточно и к тому же трудно доступны для наземного обследования.

Мы не ошибёмся, если назовём геодезическую разведку с воздуха русским способом. И самолёт, и воздушный шар, созданные в нашей стране, были поставлены русскими людьми на службу геодезии и железнодорожных изысканий. Именно в России впервые начала производиться фотосъёмка с аэростатов и воздушных змеев. Результатами этой съёмки не замедлили воспользоваться топографы, добившиеся к восьмидесятым годам XIX века существенных достижений.

Перелистывая комплект журнала «Инженер» за 1897 год, мы обнаружили в нём статью «Слабые стороны наших железнодорожных изысканий».

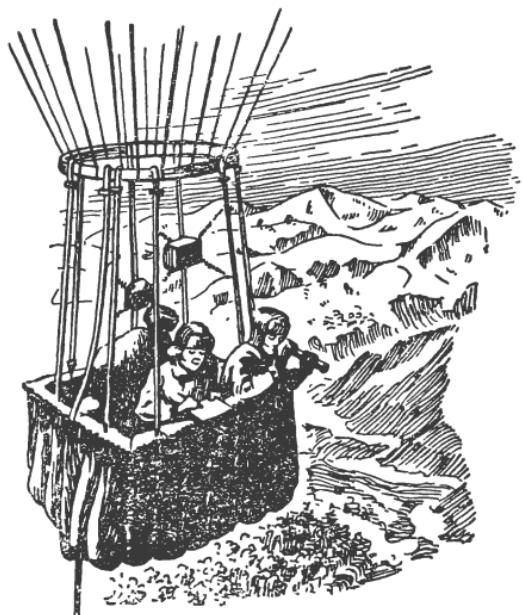
«Выгоды, кои может дать привязной аэростат железнодорожному изысканию, — писал автор, — состоят в том, что с одного места можно весьма быстро обозреть огромное пространство во все стороны; таким образом, изыскатель в корзине аэростата сразу видит перед собой цельную картину

всего того, что мог бы лишь в общих чертах усмотреть из планов, составленных путём исследования многочисленных пробных линий, и, несомненно, что цельность впечатления останется всегда за наблюдением из корзины аэростата. Следовательно, с аэростата можно не только скорее, но даже и вернее назначить направления, подлежащие подробному изучению, тем более, что с аэростата можно даже снять на плане наиболее интересные места, хотя, конечно, в довольно грубом виде». Перед началом изысканий рекомендовалось подсчитывать, который из способов разведки — наземный или воздушный — в данных конкретных условиях окажется экономичнее.

Эта статья лишь один из примеров, характеризующих интерес русских инженеров к разведке с воздуха. Этот вопрос не раз поднимался в то время на страницах наших технических журналов.

Ни в одной другой стране практика топографии не знала той удивительной новаторской смелости, которую проявляли русские исследователи.

Уже в 1902 году русский инженер Р. Ю. Тилле, работавший на изысканиях водных путей по реке Припять, впервые



Аэростаты позволили значительно улучшить возможности железнодорожных изысканий

в мире получил аэрофотометодами карту большого района. Он же провёл интересную конструкторскую работу, увенчавшуюся созданием первого в мире панорамографа. Этот аппарат состоял из семи соединённых друг с другом фотокамер, затворы которых действовали одновременно, и в результате на снимках получалась широкая панорама местности.

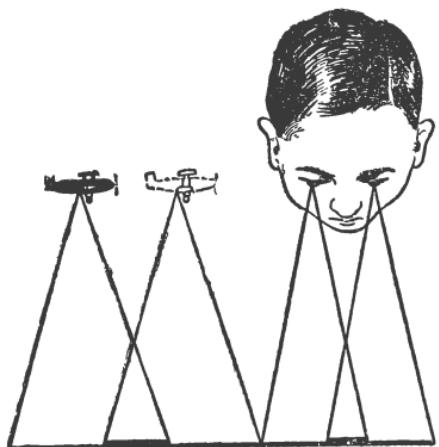
Панорамограф Тилле намного опередил однотипные аппараты, созданные за рубежом, а изобретатель вскоре ещё больше усовершенствовал его, добившись возможности получать объёмное изображение.

Больших успехов достигла аэрофотосъёмка в советские годы. Шаг за шагом внедряется она в практику изысканий, становясь их неотъемлемой частью.

Современные аэросъёмочные аппараты дают объёмное (стереоскопическое) изображение местности, над которой пролетел самолёт. Стереоскопичность — одно из замечательнейших свойств человеческого зрения. Наши глаза воспринимают все предметы объёмными потому, что каждому глазу открывается своё, отличное от другого, изображение. В этом различии нетрудно убедиться, поочерёдно закрывая то правый, то левый глаз. При этом мы видим, как дальние и ближние предметы перемещаются друг относительно друга. Два разных изображения передаются в наш мозг одновременно, сливаясь в единое объёмное целое.

Конструкторы стереоскопических фотоаппаратов как в прошлом, так и в настоящем исходят из непреложного правила «видеть» каждым из двух объективов только изображение, соответственно предназначенному правому или левому глазу. Этот же принцип лежит и в основе современных автоматических аппаратов для стереоскопической съёмки.

В полёте аэрофотоаппараты работают чётко и безотказно. Через определённые промежутки време-



Два соседних снимка дают фотопару, представляющую собой как бы взгляд двух фотоглаз

ни щёлкает затвор. Два соседних снимка дают фотопару, представляющую собой как бы взгляд двух фотоглаз.

Плёнка, заснятая в полёте, проявляется и попадает к фотограмметристам<sup>1</sup>, которые должны обработать снимки, а затем составить по ним карты и планы местности.

Это не вызывало бы трудностей, если бы в процессе аэрофотосъёмки самолёт всё время шёл бы на одной и той же высоте относительно уровня моря и если бы плоскость плёнки всё время оставалась параллельной его поверхности. Но в действительности высота полёта и углы наклона непрерывно меняются, искажая изображение местности и затрудняя обработку аэроснимков.

Поэтому снимки прежде всего надо освободить от практически неизбежных искажений. Их печатают через трансформатор, несколько напоминающий собой большой увеличитель, которым обычно пользуются фотографы. Но процесс печатания аэроснимков обладает существенными особенностями.

При увеличении негативов со снимков, сделанных на земле, плоскости плёнки и фотобумаги должны обязательно быть параллельны друг другу. Для обработки фотографий, сделанных с воздуха, так поступают только в том случае, когда угол наклона фотоплёнки к горизонту равен нулю. Но, как уже говорилось выше, самолёт в полёте может наклоняться, а в результате плоскости плёнки и земной поверхности располагаются под углом друг к другу. Получающиеся при этом искажения устраняют в процессе печатания, соответственно наклоняя плоскость негатива к плоскости фотобумаги. Устранять приходится также и те искажения, которые получаются вследствие изменения высоты полёта самолёта.

Напечатав все снимки, сделанные в полёте, и разместив их в порядке съёмки, получают фотографическую схему местности, или, сокращённо, фотоплан. В дальнейшем такие фотосхемы подвергаются стереофотограмметрической обработке, в результате чего на фотоснимки или фотосхему наносится изображение рельефа местности. Затем если по фотографиям чёрной тушью обвести все существенные элементы местности и химическим путём уничтожить фотографическое изображение, то на бумаге останутся

---

<sup>1</sup> Фотограмметрия — определение истинных размеров предметов путём измерения их по фотографическим изображениям.

неприкосновенными только линии, нанесённые тушью.  
План местности готов.

Однако такой метод обработки аэроснимков, в недавнем прошлом широко распространённый, уже не удовлетворяет советских специалистов.

В большинстве случаев они применяют теперь сложные приборы, которые по аэроснимкам быстро и точно вычерчивают планы. Более того, стереоскопическая съёмка позволяет получать эти планы в горизонталях, наглядно и точно изображающих рельеф местности, так как каждая горизонталь соединяет между собой точки земной поверхности, расположенные на одной высоте над уровнем моря.

Аэросъёмка существенно сокращает и труд геолога-разведчика. Непосредственно по аэрофотоснимкам специалистам удается судить о характере геологии местности. Эти снимки дают представление об участках трассы, наиболее опасных в геологическом отношении, которые следует потом изучить с особой тщательностью.

Однако фотография — мощное, но не единственное средство воздушной разведки.

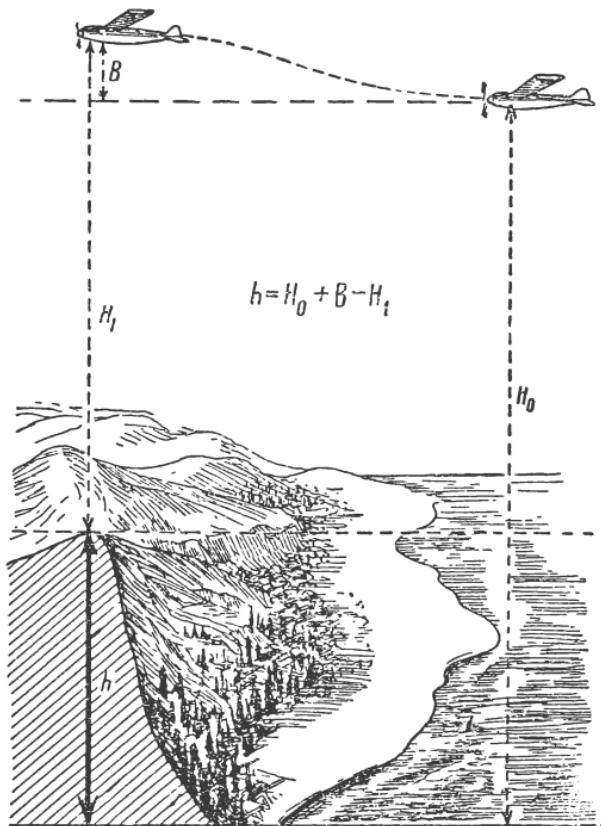
Дело в том, что для определения в пространстве положения оси будущей дороги, кроме её горизонтальной проекции (плана), необходимо иметь и вертикальную проекцию — продольный профиль.

Продольный профиль изображают так: землю мысленно рассекают вертикальной поверхностью, проходящей через ось пути, и на этой поверхности отмечают линию её пересечения с поверхностью земли; затем, когда уже имеют вычерченное в определённом масштабе изображение поверхности земли, сообразуясь с её очертанием, проектируют и продольный профиль пути.

Как уже указывалось, за счёт сооружения выемок, насыпей, тоннелей, виадуков и т. д. ось пути в профиле проектируют с пологими уклонами и выглядит она гораздо плавнее, чем поверхность земли.

Так вот в тех случаях, когда надо очень быстро составить профиль поверхности земли по маршруту полёта, пользуются аэронивелированием, позволяющим без наземных измерений непосредственно с самолёта выполнить эту задачу.

Самолёт летит на сравнительно небольшой высоте, порядка нескольких сот метров. Специальный прибор, например барограф, вычерчивает кривую, регистрирующую высоту самолёта в любой момент его движения относи-



Разность показаний барографа и радиовысотомера даёт возвышение местности над уровнем моря

тельно уровня моря или как бы начального уровня полёта  $H_0$ . Одновременно с барографом работает и установленный на самолёте радиовысотомер.

Этот прибор автоматически определяет и регистрирует расстояние от самолёта до поверхности земли. Его действие основано на определении времени, которое затрачивает радиоволна, посланная с самолёта для того, чтобы достигнуть земли и, отразившись от её поверхности, вернуться в приёмное устройство прибора. Вычитая показания радиовысотомера  $H_1$  из показаний барографа  $H_0 + B$ , можно определить величину взаимного превышения нужных точек земной поверхности  $h$  и затем построить продольный профиль земли.

Так авиация облегчает проектировщикам обследование многочисленных маршрутов во время рекогносцировочных

изысканий, позволяет уверенно отбрасывать все слабые варианты из числа намеченных по картам и обоснованно отбирать наиболее конкурентоспособные.

## Пешком по трассе будущей дороги

А пока велась разведка с воздуха, изыскательские партии собирались в путь, на предварительную разведку. Им предстояло пешком пройти оба маршрута, намеченные между пунктами *А* и *Б*.

К полевым работам была проведена обстоятельная подготовка. Объемистые папки, заключавшие в себе самые разнообразные материалы, упаковывались во вместительные коробки выночных ящиков. Вместе с обработанными аэрофотоснимками они должны были послужить основой для того, чтобы в полевых условиях изыскатели могли бы сделать необходимые измерения и расчёты, составить план и профиль будущей трассы, разместить станции и разъезды и определить размеры искусственных сооружений для пропуска вод через полотно железной дороги и т. д.

Экспедициям, направлявшимся в путь, предстояло оторваться от своей базы на недели и месяцы. Их ожидала работа в труднодоступных районах, с редкими населёнными пунктами, разбросанными друг от друга на изрядные расстояния. Это и заставляло брать с собой всё, что могло понадобиться в походной жизни. Самые различные грузы, начиная от карт, бумаг, инструментов и кончая палатками, спальными мешками, бытовым инвентарём, накомарниками, упаковывались для отправки с экспедицией. Требовалось предусмотреть всё. Составлялись планы и графики работ. Выбирались транспортные средства для переброски имущества партий — самолёты, катера, автомобили, лошади, верблюды... Люди торопились во имя большой и важной цели.

Основой всех работ партий, направлявшихся в путь, являются геодезические измерения.

Если в камеральных условиях инженеры отмечали положение трассы на картах карандашом по линейке и лекалам, измеряли углы транспортиром, расстояния определяли по масштабу, а высоты при вычерчивании профиля по горизонталям, то на местности они это делают гораздо точнее, пользуясь геодезическими инструментами.

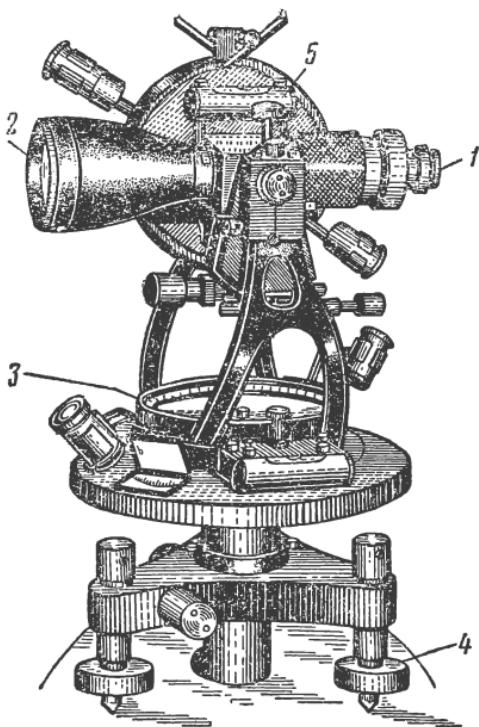
Продвигаясь вперёд по маршрутам, намеченным в камеральных условиях, инженеры часто отклоняются от этих

маршрутов в поисках наивыгоднейшего направления трассы. И только когда такое направление будет найдено, они приступают к более детальному его обследованию.

При работе в полевых условиях положение трассы на местности отмечают деревянными колышками, которые забивают в землю. Прямые линии «прочерчивают» на местности при помощи разноцветных хорошо видимых вешек и специального геодезического инструмента — теодолита. Углы поворота трассы определяют угломерными инструментами, обычно также теодолитом. Расстояния измеряют наиболее точно стальной, обычно двадцатиметровой лентой, а менее точно тем же теодолитом, высоты характерных точек на трассе и вблизи неё определяют наиболее точно с помощью нивелира, а менее точно — опять-таки с помощью теодолита.

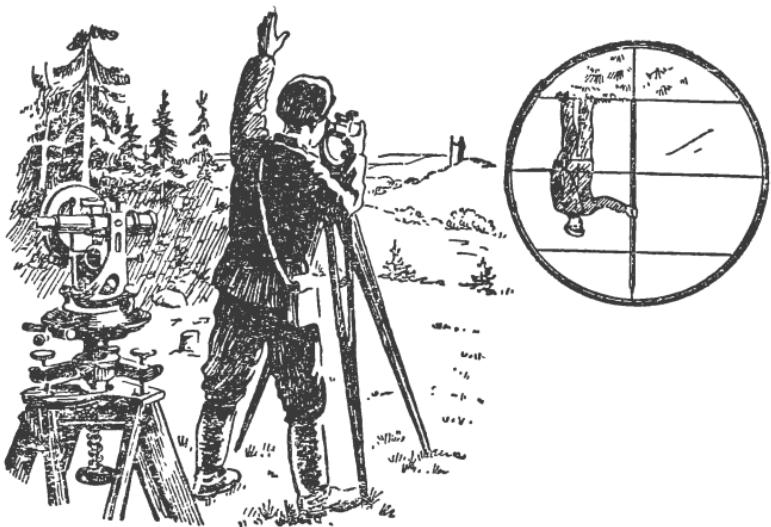
Как видим, теодолит является универсальным геодезическим инструментом. Он позволяет устанавливать прямое направление на местности, измерять углы поворота между прямыми отрезками трассы, определять расстояния между отдельными точками, а также (хотя и не всегда с нужной точностью) определять их положение по высоте. Кроме того, теодолит имеет буссоль (компас), позволяющую определять направление линий на местности относительно стран света.

Устанавливая начальное направление трассы на местности, инженер пользуется буссолю. От направления «Север — Юг» он отмеряет величину угла и закрепляет зритель-



Теодолит

Цифрами отмечены наиболее существенные части прибора: 1 — окуляр; 2 — объектив; 3 — буссоль; 4 — подъёмные винты; 5 — уровень при трубе



Пользуясь теодолитом, можно точно провешить линию

ную трубу специальными винтами, чтобы не сбить её с заданного положения. Закончив все эти действия, изыскатель задаёт направление трассе. В этом направлении он посыпает рабочего с длинными вешками, чтобы отметить положение линии на земле.

Вешка должна быть хорошо заметна на большом расстоянии. Чтобы выделить её из окружающего фона, она окрашивается красными и белыми полосами, сменяющими друг друга.

Прильнув глазом к окуляру зрительной трубы, можно увидеть на фоне перевёрнутой «вверх ногами» местности четыре перекрещивающиеся черты, или, как их называют, нити: три горизонтальные и одну вертикальную. Вертикальная нить помогает разбить безуказненно прямую линию. Этот процесс называется вешением. Чтобы разобраться в его сути, проделайте простой опыт. На дальнем конце бумаги, расположенной в уровень с глазом, поставьте остро отточенный карандаш. Мысленная линия, соединяющая глаз с остриём карандаша, — это идеальная прямая. Поставьте второй карандаш ближе к себе так, чтобы его остриё закрыло собой остриё первого карандаша, и сделайте им точку. Затем перенесите его в другую точку ещё ближе к себе и снова поставьте его таким же образом. Точка, отмеченная на бумаге первым карандашом, и две точки, нанесённые вторым, будут лежать на одной прямой.

Принципиально то же самое происходит при инструментальном вешении линии, т. е. разбивке прямых направлений с помощью теодолита<sup>1</sup>. Роль первого карандаша играет вертикаль сетки нитей. Роль второго—вешки. Глядя в трубу, инженер подаёт рабочему, ушедшему с вешками вперёд по трассе, сигналы. Подчиняясь этим сигналам, рабочий передвигает вешку, пока её положение не совпадёт с вертикальной нитью.

Одна за другой вонзаются в землю вешки, обозначая направление будущей дороги.

Провешивая линию, изыскатели должны в то же время точно измерять и её длину. Это необходимо по ряду причин и прежде всего в процессе этой работы устанавливается протяжённость будущей дороги, а также фиксируются места её поворотов. Ведь дорога никогда не бывает на значительном протяжении прямолинейной, напротив, обходя отдельные препятствия на местности, она изобилует поворотами. Материалы промеров необходимы при проектировании как плана, так и профиля нашей трассы.

Для измерения расстояний в менее ответственных случаях достаточную точность обеспечивает оптический дальномер теодолита. При этом ошибка не превышает 0,5—1,0 метра на каждые 100 метров. Как уже говорилось, при взгляде в оптическую трубу теодолита видна не только вертикальная, но и горизонтальные нити. Они-то и позволяют производить измерение расстояний. Известно, что чем дальше от нас находится предмет, тем меньшим он кажется. По тому, какая часть специальной рейки помещается при взгляде на неё между горизонтальными нитями теодолита, и судят о том, насколько далеко она отстоит от инструмента.

Рейка, как и вешка, окрашена красными и белыми полосами. Но если у вешки эти полосы служили лишь одной цели — выделить её, сделать более заметной на фоне окружающей местности, то у рейки назначение полосок несколько иное. Они служат для измерения расстояний и превышений одной точки местности над другой. Вот почему ширина каждой из полосок точно равна определённой величине, обычно одному сантиметру. Чтобы воспользоваться

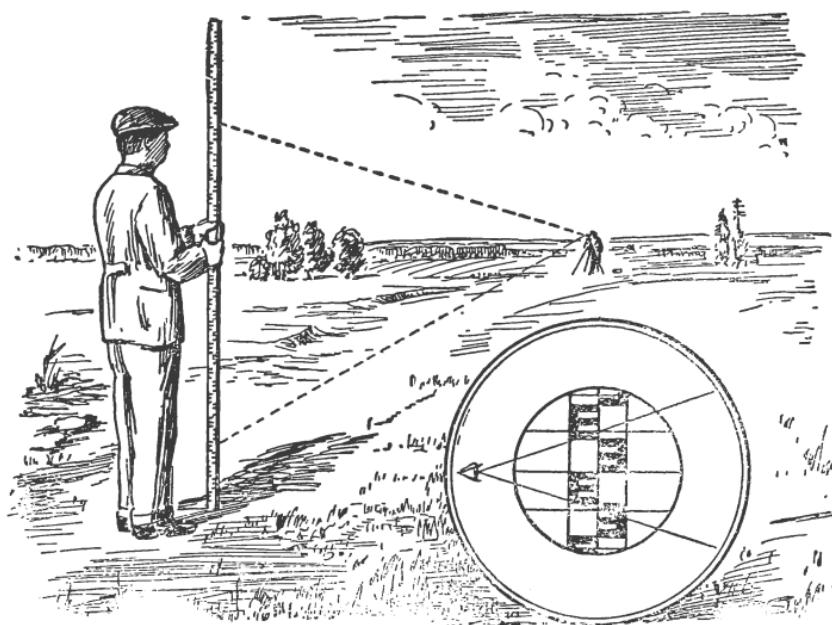
---

<sup>1</sup> Вешение линии может производиться и без инструмента — на глаз (как в нашем примере с карандашами), но, разумеется, с меньшей точностью, чем инструментальное.

дальномером теодолита, достаточно один раз установить рейку от теодолита на расстоянии 100 метров, отмеренном лентой, и, посмотрев в трубу, определить, сколько делений рейки поместились между горизонтальными нитями. Если, например, окажется, что между нитями разместилось 95 сантиметров, то, следовательно, одному сантиметру отсчёта по рейке всегда будет соответствовать  $100 : 95 = 1,05$  метра расстояния на местности. Теперь, зная цену одного деления и число делений, разместившееся между горизонтальными нитями, удастся измерить любое расстояние.

Все промеры расстояний лентой ведутся под наблюдением изыскателя-пикетажиста, который разбивает трассу на стометровые участки — пикеты. Тысячи забитых в грунт колышков словно пунктирной линией обозначают на земле план будущей дороги.

Но пикетажист забивает колышки не только через каждые сто метров. Если в пределах стометрового отрезка — пикета — местность меняет крутизну подъёма или спуска, то на переломе её, как и в других характерных точках, отличаю-



Глядя в трубу теодолита, изыскатель по числу делений рейки, оказавшихся между нитями, определяет расстояние

щихся какими-то особенностями, тоже забивается колышек. Подобные точки называют плюсами.

Своё название плюсовые точки получили потому, что их положение записывается так: «Пикет № 5 + 10». Это значит, что плюсовая точка находится в десяти метрах за пикетом № 5.

Все отметки колышками на земле дублируются и в записной книжке пикетажиста. Эта книжка составлена из листков миллиметровой бумаги. Разбивка на клеточки позволяет быстро разносить на страницы пикетажной

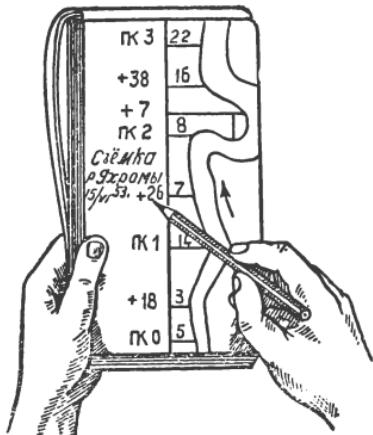
книжки нужные точки. Помимо того, миллиметровая бумага облегчает и ведение глазомерной съёмки, которую пикетажист выполняет по ходу своего продвижения вперёд. Он подробно зарисовывает всё, что видит вокруг трассы, — пашню, лес, реки, овраги, озёра и т. д.

Но вот кончился первый прямолинейный участок трассы. Впереди препятствие, которое необходимо обойти. В той точке, где будет сделан поворот, устанавливают теодолит. Точно отрегулировав прибор по уровню, инженер, прокладывающий трассу, поворачивает зрительную трубу в направлении хода и измеряет угол поворота.

Теодолит позволяет измерять углы поворота с точностью до одной минуты, а иногда и точнее. Для этого теодолит имеет круговую медную шкалу — лимб, окружность которого разбита на  $360^\circ$ . Лимб может быть прочно соединён стопорным винтом с подставкой, укреплённой на штативе.

Внутри лимба вращается другой круг — алидада — со специальными делениями, позволяющими отсчитывать доли градуса в минутах. Алидада при помощи специальных цапф соединена со зрительной трубой. Поворот зрительной трубы теодолита в новом направлении трассы вызывает смещение алидады относительно лимба, которое и покажет величину угла поворота трассы относительно её прежнего направления.

Там, где был сделан поворот, в книжке пикетажиста по-



Страница из пикетажной книжки

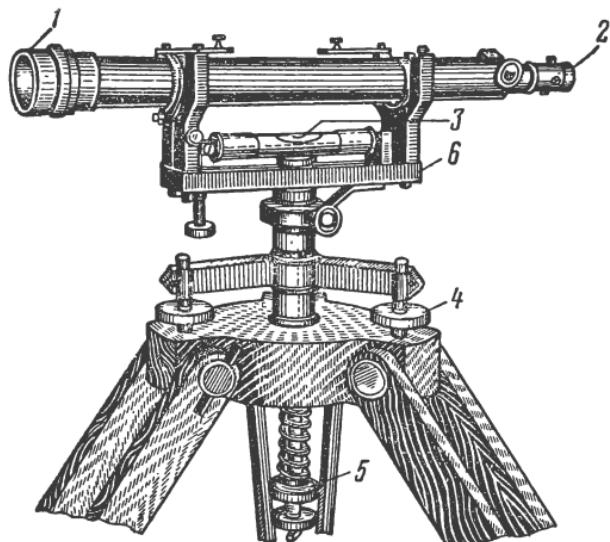
мечается стрелка с обозначением направления и величины угла, на который повернулась трасса.

И снова идут люди с вешками. Снова с книжкой и карандашом в руках шагает пикетажист. Снова тянут рабочие металлическую ленту, промеряя расстояние до следующего поворота.

Далеко вперёд ушёл инженер, работающий с теодолитом, ушёл за ним и пикетажист, а тем временем на первом участке трассы начал измерения другой отряд изыскателей — отряд нивелировщиков.

Задача нивелировщиков — заснять профиль трассы, о котором мы уже упоминали, поясняя процесс аэронивелирования с самолётов. Но наземные нивелировщики засчитывают профиль гораздо более подробно и точно. Их вооружение — нивелир и рейки.

Слово нивелир буквально означает уровень. Основная часть этого геодезического инструмента — труба с оптическими стёклами, которая подобно биноклю приближает все предметы. По обе стороны от нивелира на колышки, забитые в землю, по оси трассы устанавливают две рейки с полосками шириной в один сантиметр и цифрами, нанесёнными через каждый дециметр.



Нивелир

Цифрами отмечены наиболее существенные части прибора:  
1 — объектив; 2 — окуляр; 3 — уровень; 4 — подъёмные винты;  
5 — винт для прикрепления к штативу; 6 — подставка

Трубу нивелира ставят по уровню в строго горизонтальное положение, а затем наводят её на одну из реек. Если взглянуть теперь в окуляр, то сетка нитей, подобная той, которая имеется в трубе теодолита, представится глазу лежащей на рейке. В зависимости от высоты точки местности, на которой установлена рейка, та или иная из имеющихся на ней полосок совпадёт со средней горизонтальной нитью, видимой в трубе нивелира.

Прочитав по рейке, на какой высоте от земли видна горизонтальная нить трубы нивелира, и записав результаты наблюдений в специальный журнал, нивелировщик поворачивает трубу в противоположную сторону, наводит её на вторую рейку и снова записывает результаты измерений. Теперь остаётся вычесть одно показание из другого, и сразу будет ясно, насколько вторая точка местности выше или ниже предшествующей. Записав отсчитанные отметки, нивелировщик переносит инструмент вперёд. Передняя рейка теперь становится задней, и та же работа повторяется на следующих ста метрах трассы.

Рейки, по которым ведутся отсчёты, устанавливаются не только на пикетах, но и на плюсовых точках (вот для чего вбивал колышки пикетажист). Пропустить плюсовую точку нивелировщик не должен, так как тогда не все изгибы местности будут отражены на профиле.

Однако не всегда инженер, ведущий трассу, уходит далеко от нивелировщиков. Иногда ему надо узнать от них, как изменялась высота земной поверхности, для того чтобы во-время изменить направление трассы.

Дело в том, что это направление, особенно в процессе преодоления высотных препятствий, надо выбирать так, чтобы средние уклоны местности были не более тех, которые можно придать железнодорожному пути. Иначе на большом протяжении трасса или «повиснет» над землёй или «зароется» в землю, и потребуется сооружение очень высоких насыпей или же глубоких выемок.

### **Трасса перекидывается через поток**

Но вот инженер, ведущий трассу, встретил на своём пути реку. Ширина её метров триста, и лентой расстояние до другого берега точно измерить невозможно.

Тогда поступают так. Отмеряют по линии, поперечной к направлению трассы, некоторое расстояние, ставят на

этой линии теодолит и наводят его на какой-нибудь характерный предмет, расположенный на направлении трассы, но уже на другом берегу, например, на дерево. Отрезок трассы и две дополнительные линии образуют треугольник, в котором измерены два угла и одна из сторон. Эту сторону проектировщики как базис вымерили особо тщательно. Теперь, пользуясь тригонометрическими формулами, можно без большого труда вычислить третью сторону, т. е. расстояние от инструмента до точки, намеченной на противоположном берегу.

Однако, измерив тригонометрическим путём расстояние один раз, инженер не удовлетворяется полученными результатами. Он строит второй треугольник, примыкающий к трассе с другой стороны, и вычисляет ещё раз длину измеряемого участка. Убедившись в том, что результаты вычислений совпадают, инженер переправляется на противоположный берег и идёт дальше. Вскоре подходит к реке и нивелировщик. Ему надо «перебросить» горизонтальный луч через полноводный поток, ширина которого измеряется сотнями метров. Но даже в зрительную трубу рейка, поставленная на другом берегу, видна плохо.

Тогда у линии, по которой вода соприкасается с берегом, вбивается колышек, поверхность которого должна совпадать с уровнем воды. Инженер даёт команду рабочему поставить на этот колышек рейку и наводит на неё нивелир.

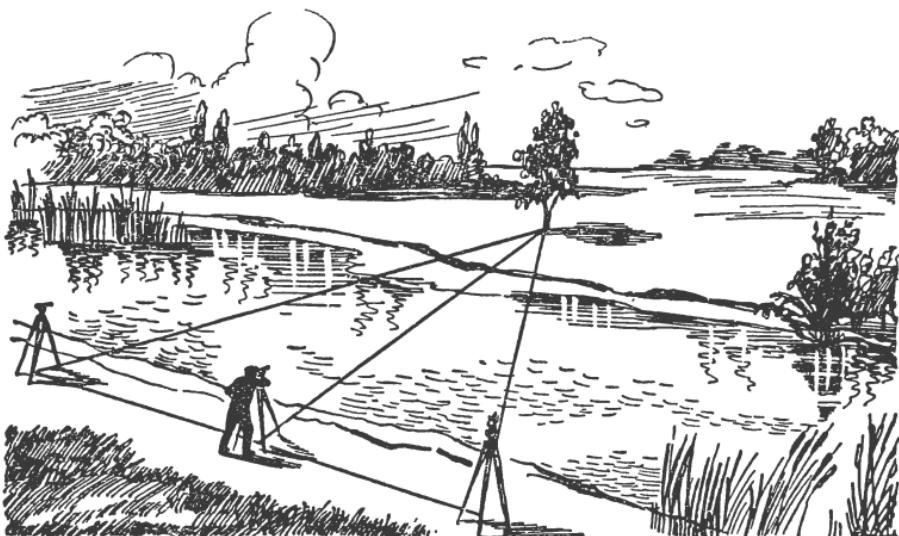


Схема переброски трассы через реку

Одновременно другой инженер-нивелировщик, заранее переправившийся через реку, наводит инструмент на рейку, поставленную на колышек в воде у другого берега. Взяв отсчёт от уровня воды в реке, он направляет инструмент вперёд по ходу трассы на рейку, поставленную у первого пикетного колышка второго берега, и продолжает работу.

Таким образом, высота уровня воды, которая при одновременных измерениях одинакова для обоих берегов, служит соединительным звеном в той цепочке измерений, которые проводятся при нивелировке трассы.

Так, пройдя шаг за шагом всю линию и затем обработав полевые материалы, изыскатели получают возможность построить продольный профиль. Но сведений, содержащихся в продольном профиле, не всегда бывает достаточно, и в некоторых случаях инженерам приходится составлять профили в направлениях, перпендикулярных трассе, так называемые поперечные профили. Необходимость в таких профилях возникает при проектировании насыпей и выемок, если трасса проходит по косогору, нужны они и для проектирования канав и водоотводных сооружений в тех случаях, когда станционные постройки займут широкую полосу вдоль линии. Поперечные профили, или как их часто коротко называют «поперечники», дополняют картину продольной нивелировки местности и позволяют составить планы в горизонталах узкой полосы земли, вдоль трассы. Пользуясь этими планами, можно улучшить положение трассы небольшими смещениями её в стороны и доказать всем, кто будет рассматривать и утверждать проект, что положение трассы выбрано правильно.

Там, где предполагается расположить промежуточные так называемые малые станции, данных, которые дадут поперечники, вполне достаточно. Но если надо возводить много сооружений, да к тому же ответственных, то ограничиться поперечниками нельзя. В таких случаях необходимо составить подробный план более или менее широкой полосы (иногда в несколько сот метров), прилегающей к трассе.

### Геодезические автоматы

Уже давно передовые учёные и инженеры нашей страны старались облегчить трудоёмкие методы выполнения геодезических работ.



Д. И. Менделеев

Впервые успешное решение этой задачи дал один из величайших людей русской науки — Дмитрий Иванович Менделеев. При изучении упругости газов ему приходилось очень часто и очень точно измерять атмосферное давление.

Обычный ртутный барометр показывает абсолютную величину этого давления, а Менделеева интересовала разница между очередным показанием и предшествующим. И вот для того

чтобы облегчить свой труд, учёный создал барометр особой конструкции, названный им дифференциальным. Устроен этот барометр так: тонкая стеклянная трубка изогнута в виде латинской буквы U. Один конец её открыт, а другой, изгибаясь, отходит в сторону, прочно присоединяясь к небольшому баллончику. Баллон содержит воздух. В U-образную часть трубы наливается жидкость, например амиловый спирт.

В тот момент, когда воздух внутри баллона уравновешивает атмосферное давление, уровень спирта в обоих коленах трубы одинаков. Но достаточно самой небольшой перемены в состоянии воздушной оболочки земли, и положение уровня тотчас же изменится. Прибор фиксирует малейшие уменьшения или увеличения давления наружного воздуха.

Вскоре Менделеев решил применить новый барометр для целей, совсем не похожих на те, ради которых создавался этот прибор. Он задумал с его помощью измерять превышения отдельных точек местности. Чувствительность созданного великим учёным высотомера превзошла все его ожидания. Прибор был настолько точен, что указывал разницу в давлении, когда его переносили с одной ступени лестницы на другую, а по изменениям давления можно было судить о том, как менялась высота.

В 1876 году на страницах «Инженерного журнала» по-

явились большая статья Менделеева «О барометрическом нивелировании и применении для него высотомера».

Логика учёного была проста: чем выше местность, тем ниже атмосферное давление, так как вес воздушного столба с подъёмом уменьшается. На горе давление меньше, чем у её подножья. Вывод напрашивается сам собой: измерив давление в двух точках земной поверхности и определив разность давлений, можно вычислить и разность высот этих точек.

Исследователь поднимается с дифференциальным барометром на гору. Давление падает. Воздух, заключённый в баллоне, стремясь расшириться, давит на спирт и вытесняет его из U-образной трубки до тех пор, пока внутреннее давление в баллоне не сравняется с атмосферным.

Однако точны ли показания прибора? Пригрело солнце, и воздух в баллоне расширяется так же, как и от падения наружного давления. Совершенно ясно, что барометр, откликающийся на все перемены температуры, не может выступить в роли точного высотомера. Чтобы устранить воздействие температурных колебаний, баллончик с воздухом заключают в термостат.

Барометры-высотомеры Менделеева быстро получили широкое распространение. За последние годы советские инженеры подвергли их конструктивным изменениям. Точность показаний высотомеров значительно возросла, хотя всё же уступает точности оптических нивелиров. Поэтому



Чем больше высота местности тем ниже атмосферное давление,



Н. Е. Жуковский

барометрическое нивелирование применяют главным образом при менее точных измерениях — на рекогносцировках. Особенно удобны они в тех случаях, когда обильная растительность, сложный рельеф местности затрудняют работу с оптическим инструментом.

Для облегчения труда нивелировщиков почти одновременно с созданием барометров — высотомеров начались опыты по разработке геодезических автоматов. Одним из пионеров в

этой области был Николай

Егорович Жуковский, великий русский учёный, всемирно известный своими трудами в области механики и авиации. Сохранилось письмо, которое Жуковский, будучи ещё совсем молодым человеком (ему исполнилось тогда 22 года), писал в 1869 г. одному из своих друзей:

«...сообщаю тебе об одном своём открытии: я совершенно сочинил нивелировочную машину на началах прочных и несхожих с теми, которые тебе известны. Важность и удобство этой машины так велики в моих глазах, что, несмотря на всю скучность финансов, я решил её сделать на собственный счёт. В следующем письме подробно опишу тебе её устройство и приложу рисунки, теперь скажу только, что она может быть привинчена к экипажу и будет показывать на каком угодно расстоянии высоту места с точностью  $1/1000$ . Эта проклятая машина вскружила мне совершенно голову. Я отился даже от математики, только и думаю, что об ней...».

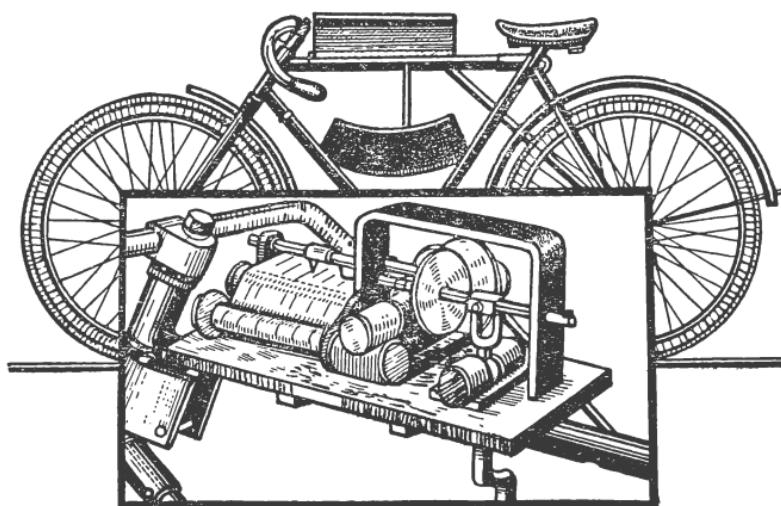
Спустя несколько месяцев Николай Егорович сообщал, что им разработана новая, ещё более совершенная геодезическая машина; она «даёт графически длины координат каждой точки, через которые её провозят...».

Прошло почти полвека после первых опытов Жуковского. В 1915 году профессор П. М. Леонтовский сконструировал, построил и испытал нивелир для автоматического

вычерчивания профиля. Однако царская Россия не оценила смелых предложений новаторов. Только советским изобретателям удалось воплотить в жизнь геодезические автоматы. Изобретатель Матвей Антонович Артанов создал автоматический прибор для нивелирования.

Нивелир-автомат Артанова прост и остроумен. Он смонтирован на раме велосипеда. Изыскатель катит велосипед по местности, а прибор автоматически вычерчивает её профиль.

Движение велосипеда передаётся бумажной ленте, заставляя её перемещаться. К ленте прижимается карандаш, который вычерчивает на ней линию. Если нивелир-автомат ведут по ровной местности, то линия получается горизонтальной. Но вот рельеф изменяется. Чувствительный автомат немедленно зарегистрирует это изменение. Корпус прибора связан с рамой велосипеда и поворачивается вместе с ней, а стержень, подвешенный под корпусом, благодаря прикреплённому к нему грузу (маятнику) сохраняет вертикальное положение. Таким образом, при движении велосипеда по наклонной местности прибор и укреплённый под ним маятник перемещаются относительно друг друга. Движение маятника передаётся карандашу, и линия на ленте прочерчивается уже наклонно, поднимаясь или опускаясь.



Нивелир-автомат М. А. Артанова

Изобретение М. А. Артanova — большой вклад в технику геодезических работ. Если инженер с обычным оптическим нивелиром может вести работу только днём, когда отчётливо видны деления на рейках, то с нивелир-автоматом можно работать круглосуточно. Нет необходимости прорубать просеки при нивелировке в лесу. Съёмку уже не обязательно вести инженеру или технику. С ней справляется и квалифицированный рабочий. Процесс нивелировки автоматом Артanova происходит примерно в 10 раз быстрее, чем при работе с обычным оптическим нивелиром.

Жуковский мечтал об универсальной геодезической машине. О подобной машине мечтал и конструктор нивелир-автомата Артанов. Когда нивелир-автомат прошёл успешные испытания, Артанов принялся за конструирование автомата-планиграфа — прибора для автоматического вычерчивания планов местности. И эту задачу изобретатель разрешил успешно. Новый прибор тоже смонтирован на велосипеде. Чутко реагируя на все повороты рулевого колеса, планиграф вычерчивает в определённом масштабе на бумажной ленте план пути, по которому прокатился этот оригинальный автомат.

В дальнейшем изобретатель соединил оба прибора. Нивелир-планиграф, дающий одновременно продольный профиль и план линии своего движения, ещё более облегчит геодезические работы.

Нивелировать быстро и точно — вот требование, предъявляемое к современным геодезическим автоматам, над усовершенствованием которых непрерывно работают советские учёные и изобретатели.



## ГЛАВА ТРЕТЬЯ

# Изыскания продолжаются

### Наперерез горного хребта

Как бы ни была неприступна горная гряда, но если это необходимо, изыскатели всегда найдут путь, по которому можно провести железную дорогу. Однако дело это нелёгкое. Чтобы «перешагнуть» через горную гряду, в ней ищут проход, наиболее низкое место — перевал, седло. Примыкая друг к другу, горы создают ряд таких сёдел. Задача состоит в том, чтобы разыскать седло самое низкое, самое попутное, с наиболее удобными подходами. Принцип «семь раз отмерь, один раз отрежь», вообще присущий изыскательским работам, приобретает в этих условиях особенно важное значение.

Чем ниже горный перевал, тем меньшей будет высота, на которую придётся поднимать дорогу, тем короче окажется линия и меньшими будут объёмы работ, предстоящих строителям.

Вести поиски наиболее удобного седла вслепую — заведомо нерационально. Но изыскатели действуют не на ощупь. Аэрофоторазведка дала ключ к решению, обрисовала направление поисков. Задача партии, выехавшей в поле, состоит в том, чтобы непосредственно на местности проверить и уточнить предварительные решения, найденные камерально и в процессе аэроизыскательской рекогносцировки.

Итак, высота при работе в горах становится основным препятствием. Высоту трудно преодолевать и людям и дороге.

Покачиваются вьюки на спинах лошадей. Узки тропы, примостиившиеся на каменных карнизах, глубоки ущелья,

над которыми движется караван. Жарко палит солнце днём, но холодны горные ночи. Много трудностей несут людям горы, но трудности преодолимы.

Высоко над уровнем моря разбивается лагерь. Дни проходят в инструментальных обследованиях. По вечерам, когда оплывают свечи и тускловато светят керосиновые фонари, начинаются жаркие споры о наивыгоднейших вариантах трассы, которые тут же, в палатках, набрасывают карандаши инженеров.

Карты и аэроснимки ещё перед выездом на местность открыли глаза изыскателям. Но это вовсе не означает, что в камеральной обстановке удалось до конца протрассировать дорогу. В процессе непосредственного ознакомления с местностью, как правило, возникают новые решения.

Замена выемки обходом, обхода тоннелем и другие корректизы первоначальных планов, подсказанные жизнью, даже если они несколько задерживают ход проектно-изыскательских работ, совершенно закономерны. Подобные изменения несут стране миллионы рублей экономии и при сооружении магистрали и при её эксплуатации.

Трудно трассировать дорогу в горах. Здесь всё сложнее, чем на равнине, и изыскатель обязан подробно разобраться в суровом и сложном рельефе.

На любом участке дороги, где бы она ни проходила, горизонтальные участки перемежаются с подъёмами и спусками. В горных условиях таких наклонных участков получится особенно много.

Чем круче подъёмы на линии, тем меньшим окажется вес поезда, тем большими будут расходы эксплуатации.

При пологом профиле расходы на перевозки, напротив, обойдутся дешевле, однако большие объёмы земляных работ резко повысят стоимость дороги. К тому же чрезмерное уменьшение уклонов иногда приводит к неоправданному удлинению линии.

Проектировщики новой дороги обязаны в равной степени обеспечить ей строительную и эксплуатационную целесообразность. Но требования эксплуатационников и строителей в данном случае противоречат друг другу. Наибольший уклон, по которому определяется вес поезда и который лучше всего удовлетворяет этим противоречивым требованиям, называется руководящим. Он выбирается на каждой проектируемой линии в результате глубокого технико-экономического анализа.

О руководящем уклоне подробнее будет сказано дальше. Пока ограничимся лишь одним: проектировщики должны прорассировать линию так, чтобы не превышать величины заданного уклона.

Однако когда трасса поднимается к перевалу или спускается с него, необходимо особо тщательно использовать наибольшую возможную величину заданного руководящего уклона, чтобы для преодоления высоты перевала напрасно не удлинять линию.

Разумеется, что необходимость укладывать трассу с уклоном, точно равным заданному, ещё больше усложняет и без того нелёгкую работу проектировщика в горах.

Жёстки условия, ограничивающие инженеров, но тем почётнее победа, которую удается одержать после настойчивых и трудных поисков. В завоевании этой победы нет места трафаретным решениям. То, что хорошо для одного случая, может оказаться совершенно непригодным для другого, поэтому инженер, занимающийся изысканиями, должен хорошо уметь читать великую книгу природы. Иначе ему не разобраться в возможностях района, иначе он не сумеет использовать эти возможности наивыгоднейшим образом.

Внимательным взглядом осматривает изыскатель окружающую местность. Намётанный глаз быстро оценивает вероятные маршруты, отбрасывая ошибочные впечатления, порождённые оптическими обманами. Природе не сбить с толку умелого трассировщика. Он знает, что снизу склон всегда выглядит более крутым, нежели на самом деле. Ему известна и обманчивая близость противоположных берегов рек, отдалённых вершин или горящих в ночной темноте огоньков.

Уверенно обследует горный район изыскательская партия. Замысловато извивается будущая линия. Но каждый изгиб и поворот основан на точном расчёте, на сопоставлении возможностей отдельных участков местности.

От искусства проектировщика в такой обстановке зависит многое. Он должен чётко разобраться и точно решить, где рационально применить сложное, петлеобразное развитие линии по склону, где рационально допустить заход в боковое ущелье, а где пойти на сооружение моста, тоннеля или высокой насыпи. Вариант надо изыскать, выбрать из

других вариантов-соперников, придирчиво сопоставляя возможности каждого из них.

Как правило, к перевальным сёдлам трасса подходит по долинам попутных рек,

Гремит, ворочая тяжёлые валуны, река. Она обкатывает и обтирает гигантские осколки гранитных скал. Всё глубже проникает в горы отряд и всё труднее становится работа.

Чем ближе к перевалу, тем круче поднимается местность, тем труднее укладывать трассу. Инженеры ещё больше развиваются в линию. Отклоняясь петлями от прямого направления, устраивая спирали, они стараются за счёт увеличения длины линии набрать необходимую высоту, чтобы подняться к перевальному седлу.

Берега реки — путь коварный. Местами склоны становятся совсем непроходимыми. Круто спускаются к реке обрывы. Скалы отвесными стенами сжимают русло потока. Скальный прижим, как называют проектировщики подобные обрывы, круто падающие в реку, преграждает дорогу изыскателям, заставляет их искать обход.

Так было долгие годы. Скальные прижимы казались непреодолимыми. Однако искусство советских инженеров опрокинуло это прочно укрепившееся мнение. Применяя взрывы большой силы, используя мощные экскаваторы, человек научился прокладывать путь там, где раньше не всегда могли проходить даже легконогие горные козы.

В 1938 году на изысканиях одной из линий обход скальных прижимов требовал сооружения восьми больших мостов. Шесть из этих восьми мостов оказались ненужными после того, как группа молодых проектировщиков опровергла намечавшийся вариант, доказав, что гораздо лучше пойти напрямик, осуществив массовые взрывы горных пород на спрямляющем участке. Сократилась и протяжённость линии, улучшились и её эксплуатационные качества.

Положение трассы зависит ещё и от тех бурных паводков, которые так характерны для горных рек. После того, как пройдут обильные дожди, мутнеет прозрачная вода потока, ещё громче скребутся друг о друга валуны, скатывающиеся вниз по течению. Река выступает из берегов, и где дороге, трасса которой прошла слишком низко. С беспощадной свирепостью поток смоет сооружения, потребовавшие для своего возведения огромного труда сотен и тысяч людей.

Всё ближе подступают проектировщики к перевалу, и широкая картина величественного пейзажа разворачивается далеко позади. Людям становится ясно, как изменится этот пейзаж, когда на крутых горных склонах засият рельсы новой дороги.

Седло достигнуто. Но стоит ли трассе добираться до самого его верха? Ведь если прорыть в перевале выемку или пробить тоннель, то линии придётся подняться на меньшую высоту и она станет короче. Поэтому часто проектировщики принимают решение прорыть выемку или прорезать вершину горы тоннелем и пропустить дорогу прямо через тело горы. Однако принять такое решение без мнения геологов невозможно.

Вопросы, возникающие при геологической разведке тоннеля, крайне сложны. Здесь приходится выявлять устойчивость горного массива, устанавливать, не нарушит ли тоннель эту устойчивость, глубоко анализировать свойства горных пород, изучать подземные воды и определять горное давление в зоне предстоящих работ.

Шурфование, бурение, проходка разведочными шахтами и штольнями дают материалы, которые после тщательного анализа освещают геологическую картину подземной трассы. Из этих многочисленных материалов перед геологом с большой ясностью возникнет путь тоннелестроителей в глубь горного хребта. Чем глубже, тем безопаснее — таков один из принципов защиты подземного сооружения от возможных оползней и сдвигов.

Изучая грунты и горные породы, геолог должен охватить большую зону вокруг трассы тоннеля. Чем шире охват изучаемого района, чем полнее собранные сведения, тем легче выполнить расчёты горного давления, тем точнее будут их результаты.

Прогнозы горного давления — дело очень сложное. Слишком много различных факторов следует принимать во внимание, определяя силы, действующие на стены тоннеля. Эти силы могут действовать в самых различных направлениях. Чаще всего они направлены сверху вниз, но нередки случаи и бокового давления, а иногда воздействие сил ощущается и снизу.

Среди причин, которым обязано своим существованием горное давление, прежде всего следует назвать тектонические явления, т. е. явления, обусловленные разного рода перемещениями земной коры. Но движение горных пород

может быть вызвано и другими обстоятельствами — действием воды, пучением глинистых грунтов и т. д.

Учёные нашей страны плодотворно поработали над тем, чтобы предотвратить опасности, подстерегающие тоннеле-строителей. Многое сделали в этой области М. М. Протодьяконов, Н. М. Герсеванов, Н. Н. Давиденков. Ими созданы теоретические положения, ставшие основой расчётов и экспериментов, которыми пользуются проектировщики, прокладывая подземные участки трассы в массиве горного хребта.

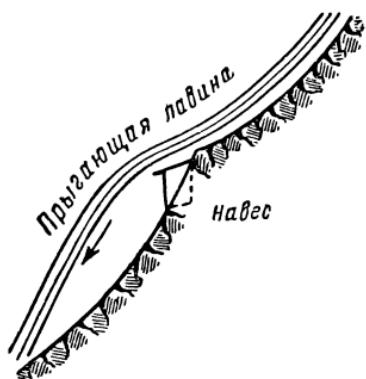
### Опасности преодолимы

Когда на белоснежные вершины падают лучи весеннего солнца, начинается таяние снегов. С гор бежит вода. Она подмывает снежный массив. Его подошва лежит теперь на весьма скользком основании. Положение массива порой настолько неустойчиво, что достаточно малейшего толчка, чтобы огромная масса снега с большой скоростью ринулась вниз.

Разрушительная сила снежного потока велика: он выворачивает огромные каменные глыбы и многолетние деревья, лавиной скатываясь по склону.

От возможных разрушений, которые несёт лавина, дорогу можно обезопасить, укрыв её в тоннеле. Тоннель хорошее и надёжное решение. Надёжное, но дорогое. И практика сооружения железных дорог позволяет проектировщи-

ку защищать линию более экономично, хотя и не менее надёжно. Лавину заставляют прыгать через полотно железной дороги. Подобно лыжнику, совершающему прыжок с трамплина, вся масса снега, мчащаяся с гор, перескакивает через полотно дороги и затем устремляется на дно ущелья. Чтобы заставить снежный поток совершить такой прыжок, дорогу пропускают под противолавинным навесом. Разогнавшись при движении по крутому склону и дойдя до края навеса, проходящего над



Пролетая над железной дорогой, лавина совершает прыжок

полотном дороги, лавина отрывается от него и летит дальше вниз.

Но не всегда проектировщики надеются на противолавинный навес. В некоторых случаях, когда дорога проходит через особо опасный район, её заключают в своего рода трубу — противолавинную галерею. Эта галерея строится из надёжного материала — железобетона. Лавина перекатывается по её крыше, и если в этот момент через галерею проходит поезд, то пассажир даже и не узнает, что над его головой пронеслись тысячи тонн снега.

Но лавины бывают не только снежными. Есть ещё худшая разновидность бедствий этого рода — сель — лавина из грязи и камней.

Случаи грязекаменных потоков довольно часты особенно в Средней Азии. Сель безжалостно смывает посевы, разрушает дома, гидротехнические сооружения. Убытки от этого стихийного бедствия исчисляются миллионами рублей.

Разумеется, наука не могла безучастно пройти мимо грозного явления природы. Учёные и инженеры, изучающие причины образования селей, чтобы создать средства борьбы с ними, выявили, что насаждение по склонам гор деревьев — одно из наиболее действенных средств предупреждения таких явлений.

Места прохода селевых потоков можно пересечь тоннелем. Иногда же удобно построить специальные селепропускные сооружения. Через эти сооружения камнегрязевой поток пройдёт, как вода и лёд проходят между опорами моста, не разрушив участки пути, которые надо защитить.

Изыскателям приходится вести в горах и сейсмическую<sup>1</sup> разведку. На основании геологической характеристики района трассы они дают заключение о возможных землетрясениях. Если такая угроза существует, инженеры должны обязательно предусмотреть специальные мероприятия, чтобы обезопасить от землетрясений проектируемую дорогу.

Ещё совсем недавно борьба с землетрясениями казалась фантастичной. Сейчас на основе анализа характера повреждений в районах, где ощущались подземные толчки, удается наметить и способы защиты. Учёные уже располагают точными сведениями о поведении различных грунтов при подземных толчках. Чем плотнее грунт, тем меньше сейсми-

---

<sup>1</sup> Сейсмологией называют отдел геологии, изучающий колебания земной коры.



«Пьяный» лес

изошли сдвиги почвы. Такой лес на склонах, где проникшая под землю вода смачивает глинистые пласти, создавая так называемые поверхности скольжения. Лежащие на глинах породы постепенно, а иногда и быстро продвигаются по этим скользким поверхностям под влиянием силы тяжести.

Опасное явление оползень! Он не раз бывал причиной катастроф, которым подвергались железнодорожные сооружения.

Так, в 1915 году неподалёку от нынешнего города Ульяновска около трёх миллионов кубометров грунта сдвинулось с места, и вся эта гигантская земляная масса двинулась по склону, разрушая дома, железнодорожные пути, станционные постройки.

Задача проектировщиков — обезопасить будущую дорогу от такого грозного стихийного бедствия, борьба с которым в масштабе государства требует огромных расходов.

Большое значение для предупреждения этого опасного явления имели труды советских учёных: академиков

ческая опасность. Проектировщикам известно также, что легче всего разрушаются сооружения с высокорасположенным центром тяжести, построенные из недостаточно плотных материалов. И памятуя об этом, они планируют широкое применение высокопрочных железобетонных конструкций.

Перевалив через хребет, инженеры успешно продвигались дальше, пока не встретились с новой помехой. Путь отряду преграждал «пьяный» лес. Наклонившиеся в разные стороны, чуть не падающие деревья, свидетельствуют о том, что про-

А.П. Павлова, Ф. П. Саваренского, членов-корреспондентов Академии наук СССР Б. Н. Веденисова и В. В. Соколовского и др. Работы академика Саваренского позволили установить структуру оползневого склона, причины его неустойчивости, факторы, способствующие появлению оползня. Вооружённые всеми этими сведениями, изыскатели имеют возможность бороться с опасным явлением.

Как всегда, решения принимаются коллективом. Но на участке трассы, подверженном оползням, полная согласованность мнений особенно важна. Изыскатель хочет провести линию по косогору. Но геолог возражает: косогор опасен, пласти пород лежат наклонно и вероятность оползня велика, часть грунта может двинуться вниз, увлекая за собой и сооружения дороги — её земляное полотно, путь, станционные постройки.

Начинаются поиски целесообразного варианта. Целый арсенал средств предоставила советская наука проектировщикам дороги для борьбы с оползнями. Для предупреждения оползня прежде всего нужно устраниТЬ вредное воздействие атмосферных осадков. Дождевые потоки и вода, образующаяся при таянии снега, не должны проникать в землю. Чтобы избежать насыщения водой пластов, таящих в себе угрозу оползня, воду необходимо отвести в сторону. Для этого строят систему специальных водоотводных канал, поверхность которых покрывают влагозолиющими одеждами, а иногда не только каналы, но и отдельные участки оползневого склона защищают водонепроницаемым покрытием.

Однако защититься от атмосферной влаги не всегда достаточно. Вода может поступать в грунт и подземными путями. Чтобы преградить ей дорогу, проектировщики должны предусмотреть систему глубоко заложенных осушительных водоотводящих сооружений.

Тщательное изучение оползневых явлений позволило по-новому использовать давно применяющиеся способы защиты — подпорные стены и подобные им сооружения.

Борьба с оползнями — трудное дело. Эти трудности отпугнули многих зарубежных исследователей. Американские специалисты утверждают, что оползни некоторых типов непобедимы, что их нельзя предвидеть и предупредить. Иначе относятся к этой сложной проблеме советские учёные. «Машине времени», созданная доктором технических наук профессором Г. И. Покровским, позволяет загляды-

вать в будущее районов, где могут возникнуть оползни, и давать ответ в тех случаях, когда все остальные методы исследования оказываются бессильными.

Машина времени! О ней мечтали авторы фантастических романов. И вот эта машина реально существует в советских исследовательских учреждениях. Модель оползневого района устанавливают на центробежный аппарат—центрифугу, где возникнут силы, подобные тем, которые с течением времени появятся на изучаемом участке. Под воздействием этих сил модель начинает деформироваться. Все изменения её форм регистрирует киноаппарат. Явления, требующие для своего протекания многих десятков лет, благодаря опыту, поставленному на модели, промелькнут на экране за считанные часы, а порой даже и за минуты. Просматривая заснятый фильм, исследователь увидит интересующее его будущее оползневого района.

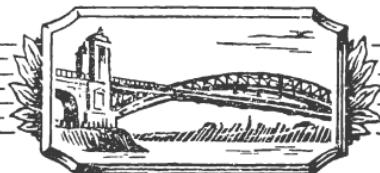
Об эффективности нового способа, использованного в условиях ответственного строительства, убедительно рассказывал сам автор, профессор Г. И. Покровский.

Вблизи откоса холма, по которому проходила важная железнодорожная магистраль, предстояло вырыть глубокий котлован для закладки фундамента большого сооружения. Обычные расчёты показали, что в связи с этими работами возможен оползень и разрушения железнодорожного пути. Но перенести железнодорожный путь в сторону было бы чрезвычайно дорого и трудно.

Чтобы проверить правильность расчётов, построили модель откоса и котлована. Эту модель испытали на центрифуге. Опыт показал, что за тот промежуток времени, который требовался строителям, чтобы выкопать котлован и заложить фундамент, катастрофа не успеет наступить. Решено было выполнить работы без переноса железнодорожных путей.

Несмотря на мрачные предсказания некоторых скептически настроенных специалистов, сооружение построено и стоит уже более десяти лет.

Разумеется, что к такому сложному опыту прибегают только в отдельных, особо ответственных случаях. Обычно же, проходя через оползневый район, изыскатели стараются обойти оползень, а если это не удается, то пересечь его глубоким тоннелем, либо пройти в верхней части, проложив линию с минимальными выемками и насыпями.



## ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

# *На трассе второго варианта*

### **Доводы за обход**

В отличие от горного направления путь в обход должен был прорезать плодородные земли и после уборки урожая обеспечить вывоз огромного количества грузов. Кроме того, трасса кружного пути проходила через ряд городов — возможных потребителей угля и металла. Здесь было бы удобно строить машиностроительные заводы и, таким образом, использовать на месте без дальних перевозок продукцию новых шахт и металлургических комбинатов.

Обходной вариант мог оказаться более дешёвым и в постройке прежде всего потому, что на нём не было тоннелей, а земляных работ предполагалось намного меньше, чем у горного варианта.

Если в горных условиях каждый километр пути требовал для своего возведения около 90 000 кубометров извлечённой и перевезённой земли, то здесь эта цифра снижалась до 15 000, т. е. в шесть раз.

Необходимо отметить и то, что грунты на равнине были гораздо мягче скал, с которыми пришлось встретиться в горах. А более мягкий грунт означал облегчение земляных работ (и притом облегчение немалое). Существенным было и то обстоятельство, что на трассе обходного варианта можно было использовать такие производительные землеройные машины, как землесосы и гидромониторы.

Преимуществом второго варианта являлись и менее крутые уклоны будущего пути.

На первый взгляд казалось, что преимуществ у кружного пути как будто гораздо больше, чем у спрямляющего

через горный перевал. Но проектировщики не торопились с окончательными выводами. Они привыкли действовать наверняка, основываясь не на впечатлениях, а на расчётах и твёрдых знаниях. Речь шла о миллионных затратах, о постройке сложнейших сооружений. Делать окончательные выводы ещё преждевременно. Да никто их не делает на этой стадии работы.

Необходимо продолжить тщательное обследование местности и накопить исчерпывающие данные, без которых нельзя принять решений, ни у кого не вызывающие сомнений. И «за» и «против» нуждались в солидном обосновании.

Доводы сторонников равнинного варианта выглядели убедительными лишь в самый первый период работы, пока шла камеральная подготовка к разведке на местности. Эти доводы могли значительно ослабеть после того, как изыскательская партия приступит к полевым обследованиям.

Нельзя сказать, что на равнине не предполагалось встретить совсем никаких трудностей. Но в то время, когда карандаш вёл трассу по карте, отрицательные черты равнинного варианта могли выглядеть менее серьёзными, нежели потом, в действительности.



Разведка на местности заставляет изыскателей по-новому взглянуть на недостатки и достоинства намеченои трассы

## Там, где царит вечная мерзлота

Первым барьером, поставленным природой, была вечная мерзлота. Это было труднопреодолимое препятствие. Мёрзлый грунт, оттаивавший летом только с поверхности, лежал на трассе многометровой толщины. Грунт этот немногим уступал по твёрдости скале, но попытка строить на такой основе в прошлом приводила к большим неприятностям.

Особые затруднения вызывало возведение станционных построек. Через некоторое время после начала их эксплуатации грунт под зданием оттаивал и фундамент тонул в образовавшейся земляной каше.

Твёрдым орешком, который необходимо было во что бы то ни стало раскусить, представлялся промёрзший участок изыскателям.

Если бы участки вечной мерзлоты были на поверхности земли столь же единичными, как никогда не тающие снега на горных вершинах, их можно было бы огибать, обходя стороной. Но, увы, здесь речь идёт не о каких-то отдельных ограниченных районах, расположенных далеко на севере. Границы великого царства холода растянулись на десятки тысяч километров, описывая замысловатый извилистый овал вокруг северного полюса, овал, площадь которого составляет примерно четвёртую часть всей суши земного шара.

Простираясь от Кольского полуострова на юг и восток, граница вечной мерзлоты пересекает Печору, Обь, Енисей, Ангару, в районе Иркутска выходит к государственной границе СССР и затем тянется на восток до самых берегов Тихого океана.

Постройка тысячекилометровых магистралей в этих закованных льдами грунтах закалила людей, дала им в руки могучее оружие опыта, подкреплённое глубокими теоретическими знаниями.

И владея этим бесценным опытом, изыскатели нашей магистрали двигались вперёд, проводя нужные обследования.

Прежде всего они приступили к поискам легкопроходимых грунтов. Такими грунтами, от которых требуется, чтобы они пропускали воду и поддавались без большого сопротивления разработке при постройке насыпей и выемок, являются песок, гравий, галька.

Но, найдя такие удобные для прокладки трассы участки, надо было проверить их льдонасыщенность, т. е. установить, какой процент по отношению к сухому грунту составляет лёд. Чем меньше льда в грунте, тем он пригоднее для строительных работ. Песок, по которому предполагалось направить трассу, хорошо пропускавший воду, не обманул изыскателей. Полевой анализ показал, что строить на нём можно.

По участку вечной мерзлоты изыскатели проходили медленно. Им пришлось бурить скважины для того, чтобы установить глубину оттаивающего летом, так называемого, деятельного слоя, а это задерживало партию и несколько снизило темп её продвижения. Но иного выхода не было. Только глубоко прощупав почву, можно было трассировать линию на этом труднопроходимом участке.

По счастливому стечению обстоятельств пески залегали в наиболее удобных для прокладки линии местах. Они проходили по возвышенности, да ещё по её южному склону, который глубже, чем северный, прогревался солнечными лучами.

Но как же строить на вечной мерзлоте? Если обстоятельства сложатся так, как у нашей изыскательской партии, т. е. грунт будет песчаный на хорошо прогреваемом склоне да сама мерзлота залегает в этом грунте небольшими островами, то некоторые сооружения строят прямо на промёрзшем грунте, учитывая, что впоследствии грунт под ними оттает.

Иначе поступают в тех случаях, когда грунты (особенно тяжёлые) глубоко промёрзли. Строители тогда стремятся сохранить такую мерзлоту, защищая её специальными термоизолирующими покрытиями, не пропускающими тепло в грунт. Ведь скованная холодом земля очень тверда и не хуже скал послужит основанием для фундаментов сооружений.

### **Дорога на болоте**

Миновав зону вечной мерзлоты, изыскатели направились дальше и вскоре встретили новое препятствие, на первый взгляд, совсем безобидное, а в действительности коварное и опасное. Впереди лежало болото.

Что, казалось бы, болото по сравнению с селями, снежными лавинами и глубокими ущельями горного варианта,

с вечной мерзлотой, оставшейся за плечами равнинной партии! Но проектировщики отнеслись к заболоченному району с крайней осторожностью. И к тому у них были весьма серьёзные основания. Вода несёт дороге множество бедствий.

Инженеры с особой бдительностью работают в заболоченных районах. Ведь не раз бывало, что построят люди насыпь на болоте, а слой торфа, на который она ляжет, медленно, но безудержно начнёт опускаться, выжимая из-под себя воду и разжиженный илистый грунт. Затем торфяная «постель» железнодорожного полотна внезапно разрывается, и насыпь проваливается вниз до твёрдого основания.

Но обойти болота не всегда возможно! Они занимают около 7% территории СССР. А в отдельных областях как, например, в Архангельской, заболоченные территории составляют до 70%. Строя дороги в подобных районах, болота не обойдёшь. Вот почему примерно третья часть путей линии Вологда—Архангельск, четверть дороги Ленинград—Москва проложены на болотах.

Для того чтобы дорога не погрузилась в топь, проектировщики тщательно исследуют зыбкую трясину. Прежде всего им надо произвести инструментальную съёмку, составить топографический план заболоченного района, а потом уже выполнить обстоятельную геологическую разведку. Лёгкими бурами и специальными щупами промеряют геологи глубину болота, стремясь определить уклоны твёрдого основания, расположенного под илом и торфом.

Одновременно с геологами работают гидрологи. Их задача установить источники питания болота водой, узнать, существуют ли под торфяной коркой течения воды, определить, каковы направления и скорости этих течений. Гидрологи измеряют наивысший уровень грунтовых вод, выясняют, как промерзает и оттаивает болото.

Добавив к результатам всех этих исследований сведения о качествах грунтов, установив их удельный вес, погистость и другие свойства, изыскатели и проектировщики ясно представляют себе, что сулит заболоченный район будущей магистрали и какие меры необходимо принять для обеспечения устойчивости земляного полотна.

Что же может сделать проектировщик в столь сложной обстановке?

Очень многое. Прежде всего, спроектировать способ возведения насыпи на болоте и выбрать наиболее рациональный метод строительства. Одним из таких методов является выторfovывание, которое было впервые применено П. П. Мельниковым и Н. О. Крафтом при постройке дороги Петербург—Москва.

Идея выторfovывания крайне проста. Торфяной массив под основанием насыпи удаляют и насыпь осаживают на твёрдое дно болота. Если построить насыпь из материалов, неразмываемых водой, но легко пропускающих её, то полотно будет долговечным и надёжным. Галька, щебень, гравий, крупный песок — вот наиболее подходящие для этого материалы. Но, разумеется, выторfovывание далеко не единственный способ постройки дорог на болотах, применяемый нашими инженерами, добившимися «проходимости» болот железными дорогами.

### **Опасности подземного мира**

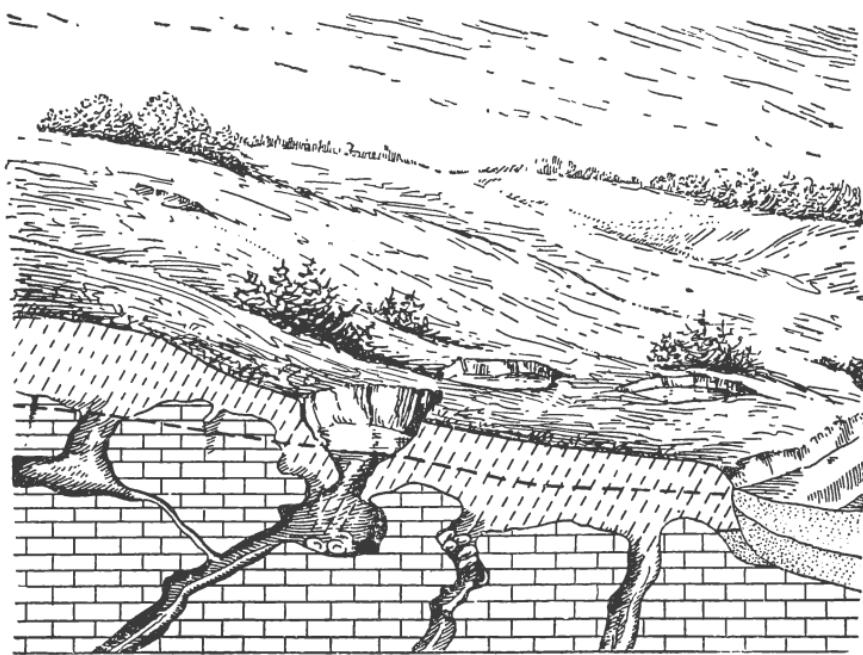
Вместе с изыскателями, вооружёнными геодезическими инструментами и прокладывающими трассу, идёт и геолог-разведчик, о работе которого следует рассказать подробнее.

Проходя по трассе, геолог прежде всего ведёт маршрутную съёмку, захватывая в зону своих наблюдений участки, прилегающие к оси будущей дороги. Его задача — составить геологическую карту полосы, по которой пролегает маршрут, установить, не грозят ли будущим сооружениям какие-либо опасности, нанести на обычную топографическую карту геологическую характеристику района, которую ему удаётся выявить по ходу работы.

Геологи прежде всего интересуются естественными обнажениями, как называют свободные от растительности обрывистые места. Исследуя обнажения, они определяют состав пород, условия и формы их залегания в толще земли. Такие наблюдения сопровождаются сбором образцов, которые потом будут исследованы в лаборатории.

Для более подробного изучения недр земли роют небольшие колодцы — шурфы и бурят скважины.

Долгое время бурение скважин было очень трудоёмким делом. Теперь благодаря вибрационному методу проходки, предложенному и разработанному советским учёным, доктором технических наук Д. Д. Барканом, удаётся значительно облегчить эту работу.



### Карстовые пещеры таят большие опасности для будущей дороги

Сущность виброметода наглядно демонстрирует простой опыт, который легко поставить даже в домашних условиях. Если в банку с песком положить металлический шарик и подвергнуть банку резким колебаниям, то шарик быстро достигнет дна. Принципиально то же самое происходит при бурении по способу профессора Барканя. Для составления точного разреза толщи земли автомобиль, на котором смонтированы подъёмный кран и вибратор, подъезжает к месту, где нужно произвести бурение. За три—пять минут вибратор, жёстко соединённый с трубой и передающий ей свои колебания, погружает в землю трубу и за столь же короткий промежуток времени кран извлекает её обратно вместе с заполнившим её грунтом. Через щель, проходящую вдоль извлечённой трубы, геолог может видеть, как располагаются слои различных пород. То, что удается с помощью вибратора сделать за день, требовало раньше 10—15 дней, да к тому же и обходилось во много раз дороже. За создание метода вибропогружения, применяемого также для забивки свай и шпунтов, профессор Баркан удостоен Сталинской премии.

Геологу нужно быть очень бдительным. Неудачи в его работе сопровождаются тяжёлыми последствиями. Так, например, в 1913 году пришлось переносить в сторону четырнадцатикилометровый участок Казанской железной дороги. Причиной выхода его из строя были скрытые подземные пустоты, не обнаруженные геологами во время изысканий.

Подземные воды растворяют некоторые горные породы— известняк, гипс, каменную соль. В результате под землёй образуются так называемые карстовые пещеры, своды которых могут в любой момент обрушиться, погребая возведённые на поверхности сооружения.

И вот с этим неприятным явлением встретились изыскатели, отойдя на несколько десятков километров от заболоченного района. Подземные пустоты надо было выявить и нанести на карту, а для этого требовалось составить разрезы толщи земли в тех направлениях, где предполагалась наибольшая опасность.

Бурить для выполнения этой работы множество скважин было бы слишком хлопотливо. На обследование района площадью в несколько квадратных километров понадобилось бы несколько месяцев работы, но времени у изыскателей не было. Применение вибраторов профессора Д. Д. Баркана существенно сокращало время, необходимое для выполнения этой работы, но даже такой метод был слишком продолжительным. И тогда было решено воспользоваться электрической разведкой — одним из быстрейших способов выявления подземных пустот.

Сущность этого способа, разработанного советскими геофизиками, состоит в следующем:

поверхностный слой нашей планеты слагается из различных пород. Каждая порода обладает определёнными физическими свойствами, отличающими её от других. Эти качественные различия и были использованы геофизиками.

Пропуская через разные породы электриче-

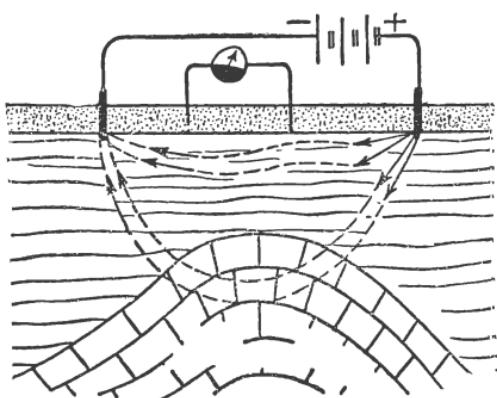


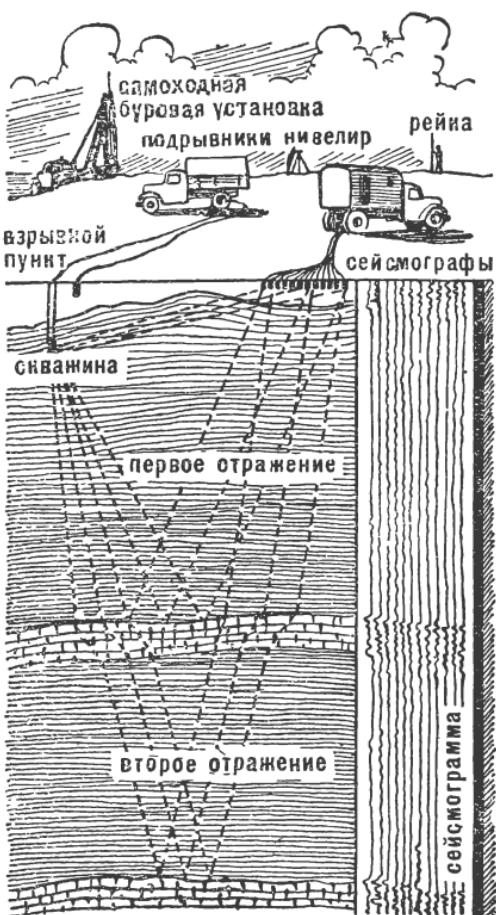
Схема электроразведки

ский ток, нетрудно убедиться в том, что величина сопротивления, которое каждая из них оказывает электрическому току, различна. Опыты, проведённые в лаборатории, позволили установить величину этого сопротивления для различных пород. В полевых условиях по измеренному электрическому сопротивлению той или иной среды удается решить обратную задачу — установить, из каких пород она состоит.

Для проведения исследования в грунт вбивают две металлические шпильки — два электрода, соединённых с батареей. Земля, электроды, батарея и провода, протянувшиеся от неё, образуют замкнутую цепь, по которой пропускается электрический ток.

Измерение сопротивления ведётся при помощи портативного потенциометра. По показаниям потенциометра строятся специальные графики, которые помогают определить глубину залегания различных пород, а также выявить существование подземных пещер.

Разведка электричеством не единственный способ современного изучения недр земли. С успехом используются для этой цели и сейсмические методы. Создавая искусственные микроземлетрясения, можно изучать строение земной коры. В грунт закладывают заряды взрывчатки. Порождённые взрывом упругие волны уходят в землю. Встретив



Принципы сейсмической разведки



Б. Б. Голицын

на своём пути различные породы, они отражаются от них, и характер этого отражения рассказывает исследователю о породах и о форме их залегания.

Отражённые волны, идущие от внутренних слоёв земной коры к её поверхности, улавливаются чуткими приборами — сейсмографами.

Сейсмограф был создан в начале XX века известным русским учёным академиком Борисом Борисовичем Голицыным. На бумажной ленте прибор записывает колебания земной коры, те самые колебания,

которые Голицын образно назвал «фонарями, освещающими внутреннее строение нашей планеты».

Развивая теоретические положения Голицына, советские геофизики разработали методы сейсмической разведки, оправдавшие себя на практике. Не раз выезжали в поле их отряды со специальной аппаратурой. Гремели мощные взрывы. Многочисленные приборы регистрировали эти взрывы и по полученным сейсмограммам геофизики вычерчивали разрезы земной коры на нужных участках.

Пройдя вдоль трассы с геофизическими приборами, разведчики дают изыскателям и проектировщикам ценнейшие сведения. Если геодезические измерения, проведённые на земной поверхности, позволяют найти наилучшее положение трассы при данном рельефе, то геологические исследования воспроизводят картину подземного мира, также влияющего на выбор положения трассы. Теперь эту задачу решают гораздо точнее, чем двадцать-тридцать лет назад, когда буровые скважины были единственным средством исследования земных недр. Что же касается обнаруженных карстовых пустот, то в тех случаях, когда их нельзя обойти, предусматривают специальные меры, обеспечивающие устойчивость земляного полотна и других сооружений.

## Характер реки

Геодезические съёмки обрисовали изыскателям местность, по которой пройдёт дорога, геологическая разведка позволила заглянуть в недра земли. Но вот путь изыскательской партии пересекает река, и сразу же возникает необходимость новых исследований — гидрологических и гидрометрических.

Разведчики должны изучить «характер» реки, заполнить на неё большую «анкету». По сведениям, заключённым в этой анкете, и будет впоследствии составляться проект перехода трассы через поток.

Что же интересует изыскателей? Прежде всего — «образ жизни потока», или, как говорят инженеры, его гидрологический режим. Для того чтобы изучить этот режим, необходимо прежде всего измерить и изобразить поперечное сечение потока. Инженеры разбивают через реку специальный, так называемый гидрометрический створ в месте намечаемого перехода. Эту работу ведут с помощью геодезических инструментов и промеров глубины реки по створу рейками и лотами. Составление поперечного разреза реки ведётся с высокой точностью, и этот разрез используется при последующих наблюдениях, проводимых в разное время года.

Лето. Жара. Уже давно не было дождей. Спокойно и тихо течёт река. Гидрометристы делают нужные измерения и наносят на разрезе линию, показывающую уровень воды. На линии появляются три буквы — М. Г. В. Это меженный горизонт воды, т. е. уровень реки в тот период, когда её питают в основном постоянно действующие источники.

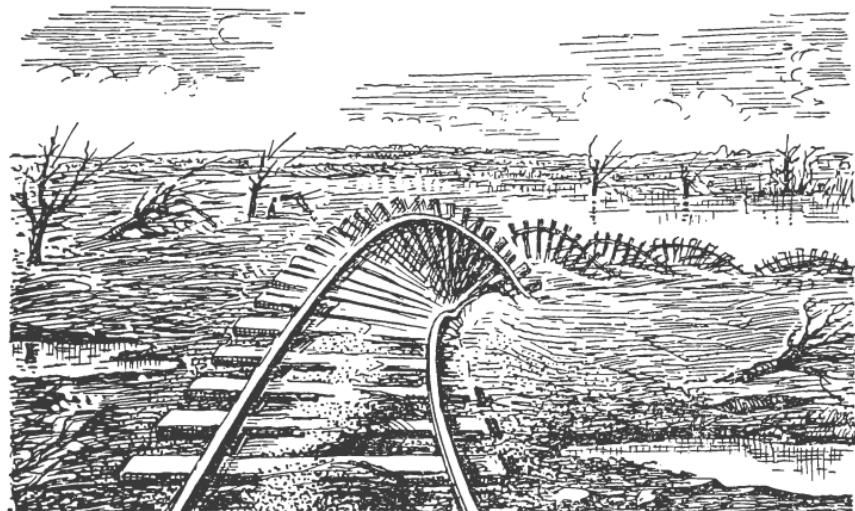
Приходит осень, затем зима и, наконец, наступает весна. Тает снег, и в реку ручьями сбегает со склонов вода. Начинается весенний паводок. Река выступает из берегов, иногда разливаясь на многие километры. На разрезе появляется новая линия с буквами Г. В. В. — горизонт высоких вод. Отлагая твёрдые частицы, которые влекут её воды, река меняет формы берегов, наращивая их в виде террас. Часть русла, ограниченная этими террасами, называется поймой. Поймы отсутствуют у горных рек, но у равнинных они могут быть очень широкими. И когда начинается паводок, то у таких рек, как Волга и Дон, ширина разлива измеряется километрами. Вот почему, путешествуя по железным дорогам в летнее время, можно увидеть, что мост

начинается задолго до самой реки, возвышаясь над её поймой.

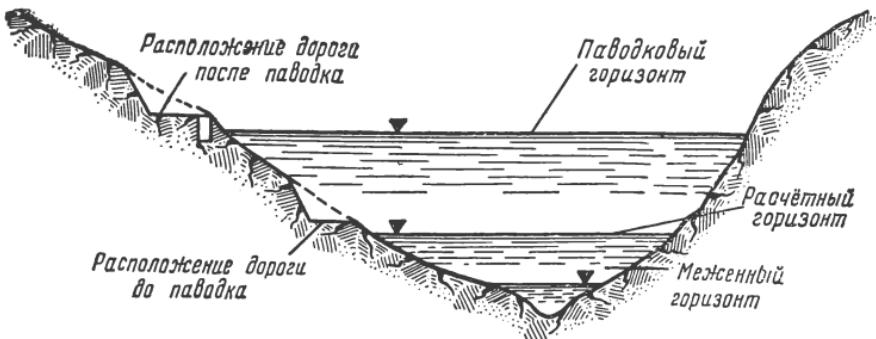
Но половодье половодью рознь. В одном году зима была почти без осадков, весна затяжная, а в другом, наоборот, снежная зима и дружная весна. Вода поднялась во втором случае намного выше, чем в первом. Изыскатели должны с большой точностью установить максимальную высоту, на которую способна подниматься вода в реке, и определить расчётный горизонт, который ляжет в основу вычислений, необходимых для разработки проекта перехода. Ошибка изыскателя может принести гибель будущему оружию или, наоборот, сделать его излишне большим и дорогостоящим.

Более полувека назад, в 1897 году, на Дальнем Востоке паводок на реке Ингоде наделал много бед. Вода залила дорогу, проходившую по берегу, так как расчётный горизонт этой реки оказался на 6,4 метра ниже паводкового горизонта 1897 года. Когда спала высокая вода, строителям пришлось перенести дорогу вверх по склону.

Случай затопления железнодорожного полотна — величайшая редкость, так как изыскатели никогда не удовлетворяются показаниями одного года. Они изучают прошлое реки и с помощью ряда остроумных расчётов устанавливают возможные высокие исторические горизонты её



Так выглядел железнодорожный путь после сильного паводка в Австралии



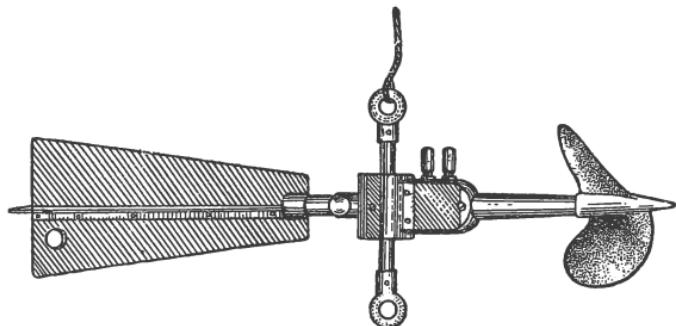
После паводка 1897 года дорогу на берегу реки Ингоды пришлось значительно поднять

вешних вод, кратко называемые В. И. Г. Они даже устанавливают в результате этих расчётов, через сколько лет средневероятно повторение того или иного высокого горизонта.

А для того чтобы знать поведение реки в прошлом, на многих больших реках оборудованы специальные водомерные посты, регистрирующие все колебания уровня воды. Там же, где нет водомерных постов, или они действуют недавно, приходится знакомиться с историей реки другими путями. Изыскатели расспрашивают старожилов, провевая их рассказы по материалам местных архивов, краеведческих музеев, газет, журналов. Изыскатели ищут следы высоких паводков прямо на местности, так как вешние воды подмывают склоны речной долины, откладывая на коре деревьев и в расщелинах скал высоких берегов песок, ил и разные наносы.

Но обязательно ли мост рассчитывать на самый высокий исторический горизонт?

Ведь вода до такого уровня может доходить лишь при особо неблагоприятном стечении обстоятельств (например обилие снега, выпавшего зимой, в сочетании с бурным снеготаянием весной). Такие явления, которые приводят к угрожающему бурному паводку и исключительно высокому подъёму уровня воды в реке, повторяются крайне редко (примерно через 300—500, а то и более лет). Рассчитывать мост на такие большие паводки нецелесообразно. И проектировщики определяют более низкий горизонт, который повторяется более часто (раз в 100 лет). Этот горизонт и ложится в основу расчётов.



Гидрометрическая вертушка

Если же вскоре после постройки моста случится более бурный паводок, то он не разрушит сооружения, а дело кончится тем, что после прохода высоких вод потребуется произвести некоторые ремонтные и берегоукрепительные работы.

Кроме расчётного горизонта, исследователь определяет скорости течения реки, причём не только на поверхности, но и на разных глубинах.

В воду опускается на тросе небольшой механизм — вертушка с пропеллером или турбинным колёсиком. Вода вращает вертушку. Чем быстрее течение, тем больше оборотов за единицу времени сделает пропеллерное колесо. По числу оборотов устанавливается скорость течения воды. Вертушку можно опустить на любую глубину и таким образом узнать, как меняются скорости течения от поверхности реки до её дна.

Знать скорость потока очень важно, и в этом нетрудно убедиться. Представьте себе большую группу людей, направляющуюся к узким воротам. Количество прошедших через ворота за определённый промежуток времени зависит от скорости движения и будет тем большим, чем большие размеры ворот и чем выше скорость.

У ворот, через которые надо пропускать людей, и у моста, под которым будет протекать вода, есть много общего. Мост, как говорят строители, должен обладать определённым «отверстием» для пропуска вод. Размеры этого отверстия определяются с учётом скорости течения. Ошибка в расчёте, — и вода, приближаясь к сооружению, превысит предусмотренный уровень, повреждая железнодорожный путь или размывая дно и разрушая сооружение. Вот почему и нужно измерять скорости течения.

Кроме скорости, необходимо установить и направление движения отдельных струй потока. Без этого нельзя быть уверенным в том, что вода не подмоет опоры моста, а зная об угрозе подмыва, инженеры при постройке сооружения могут заранее принять меры для его защиты.

Движение струй потока было глубоко изучено инженером путей сообщения Н. С. Лелявским. В своих первых опытах Лелявский определял направление поверхностных течений с помощью поплавков, а затем сконструировал прибор для исследования глубинных слоёв. Этот прибор, названный «измерителем речных струй», был в 1893 году одобрен участниками русского съезда инженеров-гидротехников. Спустя год, к следующему съезду, Лелявский представил усовершенствованный вариант своего прибора и результаты наблюдений, проведённых с его помощью.

Инженеры Н. С. Лелявский, В. М. Лохтин, Н. Н. Жуковский и другие исследователи создали школу русской гидротехники, работы этих учёных и по сей день используются на практике при изучении речного русла и режима работы потока.

Но вот режим реки изучен. Теперь пора решать вопрос о типе перехода. Можно построить мост, но иногда целесообразнее скомбинировать его с дамбой. А изредка бывало и так, что железную дорогу пропускали под рекой тоннелем или прерывали её, перевозя поезда на пароме, как это долго продолжалось на озере Байкал или на Волге.

Однако парому в современных условиях очень редко отдают предпочтение. Он неудобен потому, что тормозит движение и ограничивает число поездов, которое дорога будет в состоянии пропускать ежесуточно. Неудобна и сезонность его действия, — едва мороз скуёт реку, как сообщение прервётся до тех пор, пока не будет сооружён путь по свайно-ледовой переправе. Итак, паром отвергнут.

Но для того чтобы принять дальнейшее решение, одного лишь знакомства с гидрологическим режимом реки ещё недостаточно. Проектировщик призывает на помощь геологов. Они представляют ему данные о грунтах, залегающих в районе перехода, а это в свою очередь обусловливает характер работ, предстоящих строителям.

Узнав от геологов особенности грунтов, имея геологическую характеристику русла и долины реки, изыскатели подготовлены для принятия решения.

Подводный тоннель, уходящий под землю и пропускаю-

щий поезда под дном реки, на первый взгляд кажется очень сложным сооружением и лучше, отказавшись от него, строить мост. Однако в ряде случаев более дорогие подводные тоннели всё же могут конкурировать с мостами. Поэтому только исходя из назначения дороги и тщательно разобравшись в местных условиях, можно отдать предпочтение тоннельному или мостовому переходу.

Тщательно взвесив все «за» и «против», изыскатели решили, что мостовой переход в данном случае всё же окажется более целесообразным.

### Борьба с водой и снегом

Трасса переброшена через полноводный поток. Но на пути изыскателей встречается немало мелких речушек и ручейков. Препятствиями служат и так называемые периодические водотоки — лога и суходолы, несущие ливневые и талые воды. Эти воды надо либо пропустить через полотно, либо отвести в сторону, а для этого в процессе обследования местности собирают все необходимые сведения. Если этого не сделать, то не удастся правильно спроектировать водопропускные и водоотводные сооружения.

Поэтому при разведке местности изыскатели тщательно изучают у любого такого водотока водосборные бассейны, т. е. те территории земли, с которых вода будет стекать к каждомуциальному участку трассы. Они снимают планы бассейнов, определяют крутизну их склонов, отбирают пробы грунта и определяют, сколько воды за время дождя впитается в землю и сколько её потечёт к будущему полотну железной дороги. Для пропуска этой воды строят специальные искусственные сооружения — малые мосты и трубы.

Тип сооружения и его размеры выбирают в зависимости от количества воды, которое необходимо пропускать в единицу времени, от высоты насыпи в том месте, где вода будет пропущена под железнодорожный путь, и от других местных условий. Например, если небольшой ручей протекает в районе высокой насыпи, то стоит ли, пересекая его, строить мост? Ведь в этом случае потребовалось бы делать его очень высоким и дорогим. Поэтому при небольших количествах воды и высоких насыпях обходятся укладкой под насыпью водопропускных труб из железобетона, камня или металла.

Необходимость правильного выбора размеров малых мостов, труб и других сооружений для пропуска поверхностных вод хорошо представляли себе строители первых русских железных дорог. Так, сто с лишним лет назад инженер Н. О. Крафт предписывал своим помощникам: «...обратить особое внимание на количество воды, которое будет протекать в лощинах, оврагах и речках..., в тех местах, где уже строятся мосты и трубы или где они предположены, дабы в случаях недостаточной величины или числа отверстий для прохода воды можно было бы принять надлежащие меры к исправлению проектов»<sup>1</sup>.

Сооружения, пропускающие или отводящие воду, должны быть рассчитаны так, чтобы земляное полотно не размывалось. Кроме того, при постройке дороги откосы насыпей, по которым стекают атмосферные воды, засеваются травой, укрывают дёром и даже укрепляют каменной наброской или пучками хвороста — фашинами.

Но как ни защищают проектировщики земляное полотно дороги от поверхностных вод, им не избежать ещё борьбы с водой, которая будет проникать в тело полотна из-под земли. Для отвода подземных вод наиболее надёжным и давно испытанным средством служат дренажи — трубы, заложенные в грунт. Одна часть дренажа осуществляет сбор воды, а другая — её отвод. В водосборной части в трубах имеется ряд отверстий для приёма воды, а водоотводная часть трубы, наоборот, должна быть водонепроницаемой.

Трубы осушительной системы заполняют материалом, хорошо пропускающим воду — песком, мелким гравием или шлаком. На определённых расстояниях друг от друга устраивают смотровые колодцы, через которые ведётся наблюдение за дренажным хозяйством, и, если в этом возникает необходимость, его очистка.

Однако несмотря на все меры вода ни на час не оставляет земляное полотно в покое. Выпадают дожди, тает снег, поднимается уровень грунтовых вод, и всё это немедленно отражается на влажности грунтов насыпей и выемок. По мельчайшим порам — капиллярам влага проникает к поверхности земляного полотна. Но вот ударили морозы.

---

<sup>1</sup> Статья М. И. Воронина — «К истории изысканий и проектирования Петербурго-Московской железной дороги» в сборнике ЛИИЖТ, вып. 143, Транскжелдориздат, 1952.

Вода замерзает. При этом она увеличивается в объёме и на земляном полотне появляются бугры—пучины, делающие путь неровным.

Наступает весна. Если грунт жирно-глинистый, влага не успевает быстро покинуть его. Глина разжижается, и земляное полотно теряет устойчивость. Поэтому совершенно естественно у инженеров родилась мысль защищать полотно от проникновения холода, покрывая его в отдельных случаях слоем из нетеплопроводных материалов, каким, например, является пористый шлак.

Весь этот комплекс мероприятий, начиная от постройки малых мостов и труб и кончая устройством дренажей и теплоизоляции, направлен на решение одной задачи — защитить земляное полотно от его злейшего врага — воды, создать прочную и устойчивую основу для рельсового пути.

Поставив себе целью победить воду, изыскатель не забывает о защите дороги от снега.

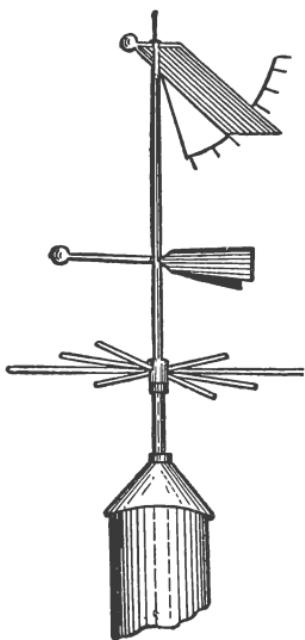
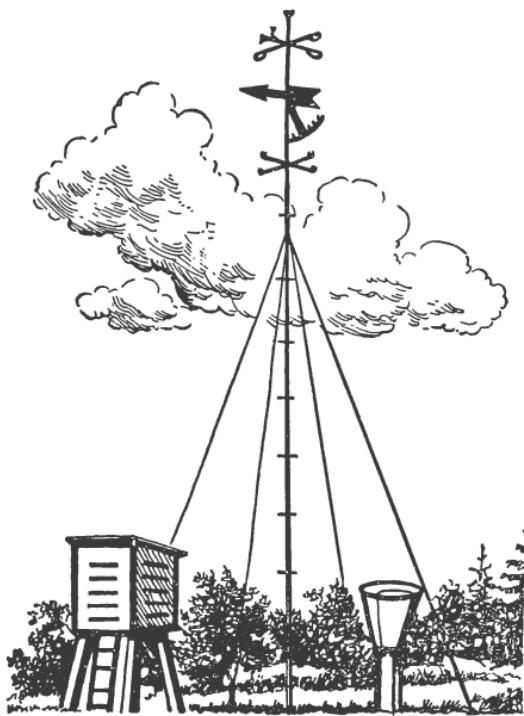
В нашей стране с её обширными пространствами и снежными зимами изыскатели должны особенно тщательно продумать, как уберечь железную дорогу от снежных заносов.

Метели и, главным образом, снежные позёмы сильно заносят выемки, особенно неглубокие. Поэтому при проектировании в снежных районах надо по возможности избегать выемок, выбирая такое направление, при котором дорога пройдёт преимущественно насыпями. На целесообразность этого решения указывал ещё на заре железнодорожного строительства известный инженер П. П. Мельников, считая, что насыпи — «условие, почти необходимое для избежания вредного действия снежных метелей».

Немалую роль в борьбе со снегом играет метеорология. Сведения, доставляемые метеостанциями, весьма важны в работе изыскателей.

Снег наносится ветрами. Поэтому изыскатели стремятся выяснить направления и силу воздушных потоков. Первый прибор для их изучения построил ещё М. В. Ломоносов.

Позднее, в XIX веке, в практику метеорологических исследований вошёл флюгер, применяемый и сейчас. Металлический флагжок, закреплённый на мачте, послушно поворачивается, следя за направлением ветра. Внизу, под флюгером, к мачте жёстко прикреплён пучок желез-



Общий вид метеостанции. Справа крупно показан метеорологический флюгер

ных прутьев. Они указывают на север, юг, запад, восток, северо-запад, юго-запад, северо-восток, юго-восток, помогая определить направление потоков воздуха.

А выше, над флагжком, установлена вертикальная металлическая планка—указатель силы ветра. Чем сильнее ветер, тем дальше отклонится от вертикали планка, показывая по расположенной рядом дуге с делениями его скорость.

Вертикальная планка на флюгере это простейший анемометр (так называют приборы, измеряющие скорость воздушных течений). Теперь чаще применяют иные конструкции анемометров, у которых ветер вращает крест из двух стержней с чашками на концах. Чем сильнее ветер, тем быстрее крутятся чашки. Их вращение передаётся стрелкам, и прямо по шкале наблюдатель читает величину скорости.

Но метеоролог не может тратить время на безотрывное наблюдение за шкалой прибора. От этого его освобож-

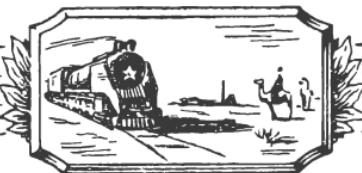
дают анемографы, где к обычному анемометру добавляется специальный механизм, автоматически записывающий показания прибора.

Метеорологические наблюдения дают возможность установить господствующие направления ветра в разное время года. И когда это возможно, изыскатели стремятся расположить трассу так, чтобы она совпадала с господствующим направлением ветров в зимнее время, так как ветер, дующий вдоль дороги, не создаст на полотне таких больших сугробов, как ветер, несущий на полотно снег справа или слева.

Но в борьбе со снежными заносами используется не только метеорология. Существенную роль играет и аэродинамика. «Отец русской авиации» Николай Егорович Жуковский провёл в аэродинамических трубах ряд наблюдений за моделями дорог, подверженных воздействию метелей. Эти наблюдения позволили Жуковскому создать теоретическую основу для инженерных расчётов. Та же тема привлекла к себе внимание и другого крупнейшего специалиста в этой области — академика С. А. Чаплыгина.

В 1921 году Чаплыгин написал статью «К теории метелей», в которой проанализировал динамику летящих снежинок и воздействие на них падающих и восходящих воздушных потоков.

Однако не только замену выемок насыпями, не только выбор подходящего направления линии должен иметь в виду изыскатель. Он может предусмотреть и применение переносных решётчатых щитов, предложенных для защиты от метелей русским инженером В. А. Титовым ещё в 1863 году. Он наметит также создание живой защиты — полосы деревьев, протянувшейся вдоль линии. Такая защита, постепенно вытесняющая решётчатые щиты, применяется теперь всё шире и стала распространённым средством борьбы со снежными заносами выемок и невысоких насыпей.



## ГЛАВА ПЯТАЯ

# Партия номер три

### Проектировщикам дорог помогает астрономия

Долгий путь, который предстоял изыскателям, двинувшимся наперерез горной гряде и в обход её, коллектив третьей изыскательской партии проделал менее чем за час. Вместительный самолёт быстро доставил и людей и оборудование, чтобы можно было обследовать участок трассы за перевалом.

Выгружены люди и грузы. Блеснув на солнце серебристым крылом, машина легла на обратный курс, оставив группу изыскателей, которым предстояло завершить работу на последнем участке и пройти до конечного пункта.

Люди быстро разбивали лагерь. Натягивалась парусина палаток. Весёлым огоньком загорелся костёр. Начиналась походная изыскательская жизнь.

Но приступить к работе было невозможно, не разыскав на местности ту точку, от которой должны были начать продвижение вперёд изыскатели третьей партии, ту точку, куда должны были провести трассу изыскатели первой и второй партий. Эта точка заранее была намечена на картах перед выездом экспедиции. Теперь же предстояло отыскать её на местности.

Задача была бы нелёгкой, если бы изыскатели не располагали таким верным помощником, как разбитая по всей территории Советского Союза государственная триангуляционная<sup>1</sup> сеть — система гигантских треугольников, которые покрывают всю площадь нашего государства. В вер-

<sup>1</sup> От латинского слова *triangulum* — треугольник.

шинах этих треугольников, стороны которых измеряются десятками километров, установлены высокие пирамиды — специальные знаки. Координаты этих знаков определены с большой точностью.

Покрывая всю территорию государства системой треугольников, геодезисты проделали исполинскую работу, которая заслуживает того, чтобы рассказать о ней несколько подробнее. По существу здесь решалась классическая задача тригонометрии — определение по одной стороне и двум прилежащим к ней углам треугольника длины двух других сторон и величины третьего угла.

Но для того чтобы выполнить тригонометрические вычисления, чтобы определить координаты вершин треугольников, надо измерить одну из сторон и прилежащие к ней углы. Эта сторона называется базисом и измерение её ведётся с исключительной точностью.

Долгое время для измерения базисов служили жезлы — особого рода металлические линейки. Теперь их место заняла проволока из инвара — сплава стали и никеля, почти не изменяющая своей длины при колебаниях температуры.

Работа ведётся при помощи специальных приборов. На расстоянии около 24 метров друг от друга прочно устанавливаются штативы. Между соседними штативами с помощью грузов в 10 килограммов натягивается проволока из инвара. По ней с точностью до 0,1 миллиметра и определяется расстояние от штриха, имеющегося на одном штативе, до такого же штриха на другом.

Понятно, что базисное расстояние определяется строго по горизонтали и точно по прямой.

Инвар расширяется с повышением температуры очень незначительно. Но и это расширение идёт под строгим контролем: изменение температуры учитывают с точностью до десятых долей градуса.

В результате такой тщательности ошибки, допускаемая при измерении базиса, не превосходит миллиметра на километр. Иными словами, максимально допустимая ошибка составляет всего одну миллионную долю длины линии, одну десятитысячную процента. Результаты, изумительные по точности.

Базис измерен. С большой точностью измерены и прилегающие к нему углы первого треугольника. Начинаются расчёты по формулам тригонометрии, в результате которых определяется длина двух других сторон. Эти две другие

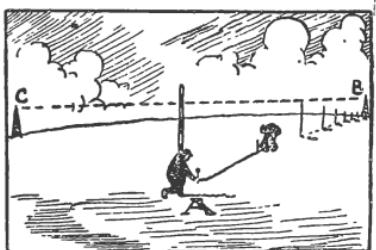
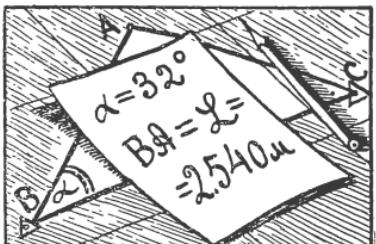
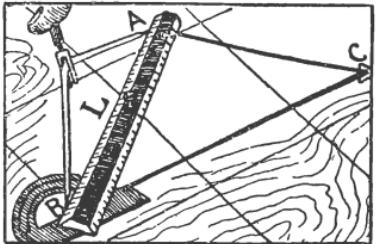
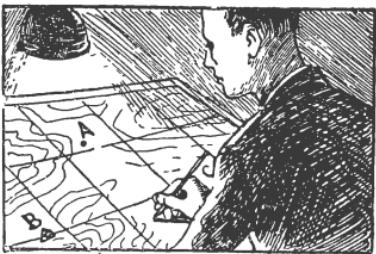
стороны первого треугольника в свою очередь становятся базисами новых треугольников, а в вершинах каждого из них устанавливаются государственные триангуляционные знаки.

Опорные точки триангуляции должны быть хорошо видны на большие расстояния. Для этой цели либо строятся высокие, далеко видимые пирамиды из дерева или металла, либо используются шпили высоких башен, колокольни церквей, вершины фабричных и заводских труб, мачты радиостанций. Координаты всех подобных точек записаны в специальных каталогах. И вот этими опорными знаками триангуляционной системы воспользовались изыскатели, чтобы отыскать на местности точку начала трассы.

Представим себе треугольник, начертенный на карте, в одной вершине которого находится намеченная точка начала трассы  $A$ , а в двух других вершинах—ближайшие к этой точке опорные знаки триангуляционной сети  $B$  и  $C$ .

Теперь на карте можно измерить тот угол треугольника  $\alpha$ , вершиной которого является самый близкий опорный знак  $B$  и расстояние  $L$  от этого знака до отыскиваемой точки  $A$ .

Придя на местность, изыскатели находят тот же знак  $B$ , устанавливают на нём угломерный инструмент, наводят его вначале на знак  $C$  и, отмерив затем от направления  $BC$  известный угол  $\alpha$ , двигаются по прямой  $BA$ , направление которой видно в зрительную трубу инструмента. Пройдя



Использование системы триангуляции для отыскания на местности точки, отмеченной на карте

по этой прямой измеренное по карте расстояние  $L$ , они и найдут нужную им точку  $A$  на местности.

Но не всегда проектировщику удаётся «привязать» трассу к знакам триангуляционной системы. Бывает и так, что инженерам приходится прямо на местности определять своё местоположение, как штурману корабля, плывущего по необозримым морским просторам. И моряки, и геодезисты прибегают в подобных случаях к астрономическим методам с той лишь разницей, что на суше определение координат выполняется намного точнее, чем на море.

Не имея поблизости от трассы знака государственной триангуляционной системы, проектировщик должен сам определить широту и долготу точки, в которой он находится, а также направление, по которому пойдёт трасса.

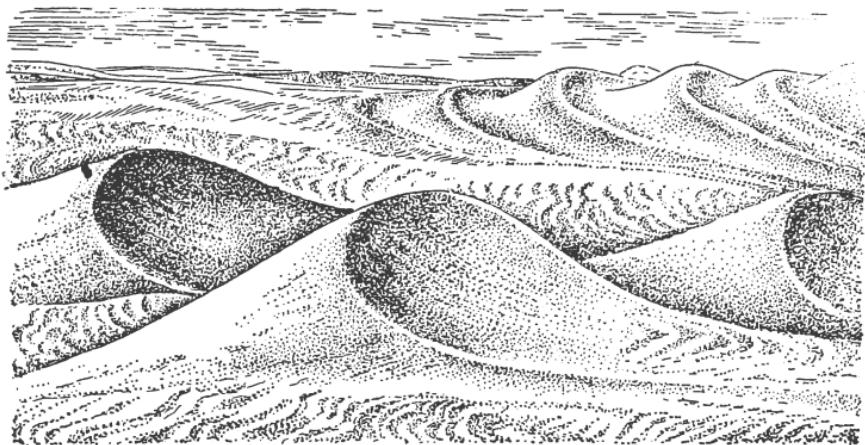
Наводя на одно из небесных светил угломерный инструмент, определяют склонение этого светила, а по углу склонения находят и широту точки, из которой ведутся наблюдения. Долгота определяется при помощи астрономических наблюдений и сопоставления местного времени с сигналами точного времени, передаваемыми по радио, или же со временем, которое показывает хронометр.

### Через песчаное море

И у третьей изыскательской партии встретились свои трудности. Здесь на участке, расположенном вдали за перевалом, пролегали «движущиеся» барханные пески — препятствие, требовавшее для своего преодоления вдумчивых решений. Надо было тщательно изучить все «повадки» этих песков.

Пески живут своеобразной жизнью. Их большие массивы напоминают поверхность моря. Когда поднимается ветер, то по песчаному морю медленно движутся волны — барханы, а едва ветер утихнет, как эти волны застывают, напоминая по своим формам снежные сугробы после метели.

Если неправильно выбрать направление линии, песок будет постепенно заносить выемки, а насыпи будут выдуваться. С этим явлением русские инженеры столкнулись ещё в прошлом веке при прокладке Закаспийской дороги. Пожелавшие от времени страницы «Записок императорского русского географического общества» донесли до нас



Песчаные барханы похожи на сугробы снега после метели

рассказ о жестокой борьбе человека с песком. В XX томе этих записок за 1890 год напечатана большая научно-исследовательская работа о Закаспийской низменности, написанная молодым горным инженером Владимиром Афанасьевичем Обручевым, ныне известным советским академиком. Ряд страниц этой работы точно и лаконично излагает подробности победы над песком, одержанной русскими инженерами.

Люди нарушили режим жизни пустыни. Сооружая выемки для земляного полотна, они взрыхлили песчаные холмы, уничтожили растительность. В повозках, запряжённых лошадьми, ишаками, верблюдами, по пескам перевозились строительные материалы, а ту часть растительного покрова, которую не тронул человек, уничтожили животные.

Пустыня ответила на вторжение. Ветер засыпал выемки, выдувал песок из насыпей, деформируя их. Провисали шпалы и прогибались рельсы. Порывы ветра поднимали тучи песка и бросали их на путь. Линия надолго выходила из строя.

На пути ветра решено было поставить заслон. Используя опыт борьбы со снежными заносами, путейцы решили применить его для борьбы с заносами песчаными. Попытались и... неудачно. Холмы песка непрерывно росли, погребая под собой удерживавшие их вначале щиты.



В. А. Обручев

Щиты вытаскивали, ставили выше, но ничего не помогало. Песчаное море неумолимо наступало на дорогу.

Казалось, что пески непобедимы. Когда положение стало отчаянно безнадёжным, наконец, прислушались к мнению молодого инженера Обручева, который писал: «сплошные или решётчатые заборы безусловно вредны, так как вызывают только накопление летучего песка близ железной дороги и тем усиливают заносы...

...Необходимо запретить на песчаных площадях всякие выемки и обнажения песка с целью ремонта полотна, особенно с северной стороны, так как даже небольшое обнажение засыпает песком соседнюю растительность и разрастается, как язва.

Запретить всякую порубку кустов и деревьев, вырывание трав и пастьбу скота на значительном пространстве, особенно с северной стороны, на всех песчаных площадях.

Запретить рабочим и пастухам всякое выжигание травянистого покрова на площадях вдоль полотна (как это практикуется в Анаузских песках, чтобы стада не подходили к полотну), так как стада во всяком случае меньше вредят растительности, чем пожар.

К мерам второй категории относится только искусственное разведение растений на обнажившихся песках...».

Говоря о способах защиты от песка, Обручев предлагал: «усыпать полотно дороги на насыпях, откосы выемок и ближайшие барханы камнем или твёрдой глиной, которая имеется повсюду под песком и обнажается очень часто в котлованах; глина отчасти предохраняет песок от раздувания ветром до зарастания его посевянными травами»<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> «Записки императорского русского географического общества», т. XX, № 3, 1890 г., стр. 148 — 150.

Система мероприятий, предложенная Обручевым ещё в прошлом веке, вошла в мировую практику дорожного строительства. Когда спустя несколько десятков лет сооружалась дорога через знаменитую пустыню Сахару, был использован русский опыт борьбы с песком, ставший образцом для французских инженеров.

Однако, попав в зону песков, изыскатель не имеет готовых рецептов для трассирования дороги. Опыт предшественников — это его союзник, но он, разумеется, не даёт конкретных ответов на все вопросы. А вопросов возникает множество. И только подробнейшим образом изучив местные условия, удаётся найти наилучшее положение трассы на каждом участке.

Продвигаясь через пески, как и в снегозаносимых районах, трассу по возможности следует укладывать вдоль направления господствующих ветров, стремясь обходить невысокими насыпями и неглубокими выемками.

Борьба с песком, начатая ещё в конце XIX столетия, борьба, которую вели тогда одиночки, стала в советской стране делом колоссальной государственной важности, делом, в победу которого вкладывают свои лучшие достижения советская наука и техника. И в результате десятки тысяч гектаров барханных песков за последние годы остановили своё грозное движение.



## ГЛАВА ШЕСТАЯ

# *Вновь за проектирование*

### **Повороты на трассе**

Если сравнить процесс проектирования с боем, то приведённую всеми изыскательскими партиями рекогносцировку по картам и предварительные изыскания в поле следует сравнить с разведкой, предпринимаемой перед разработкой решающего наступления, каким на изысканиях железных дорог является процесс проектной обработки полевых материалов, т. е. процесс сводного проектирования железной дороги.

Изыскатели возвратились с полевых работ. За столами проектного института снова закипела работа. Теперь проектировщики располагают обстоятельными сведениями, собранными воедино. Перед ними аэрофотоснимки, планы и профили трассы, материалы, представленные геологами и другими специалистами, данные, рассказывающие об экономике района.

Вооружённые этими материалами, проектировщики уточняют и развиваются свои решения. Им надо воспроизвести на чертежах рельеф местности, представить её геологическую структуру, движение водных потоков, нужно, уточняя положение трассы, провести её через все препятствия, как лоцман проводит судно среди отмелей и рифов бурного пролива.

Советские проектировщики действуют уверенно и обоснованно, и овладение достижениями науки — залог победы в этих действиях.

Выбирая нужное направление, проектировщик тесно связывает план будущей линии с её профилем, а то и другое — с назначением и условиями эксплуатации проекти-

руемой дороги. Это было и в поле, в процессе изысканий, когда инженеры, продвигаясь вперёд, на каждом шагу представляли себе, как будут выглядеть план и профиль проектируемой дороги, так продолжается и теперь, в камеральных условиях, в процессе уточнения положения трассы.

По мере продвижения вперёд инженеры неоднократно отклоняют трассу то в одну, то в другую сторону, но переход от одного направления к другому должен быть плавным. По ломаной линии поезду не пройти, и поэтому при малейшем повороте необходимо предусматривать кривые, сопрягающие прямолинейные участки трассы.

Лёгкое движение циркулем, и вместо перелома линии получилось плавное сопряжение, так может представить себе решение этой задачи неискушённый читатель. Но в действительности такой простейший выход из положения не обеспечит необходимой плавности движения поездов.

В самом деле, едва поезд перейдёт с прямой на кривую, как возникнет центробежная сила. Эта сила будет стремиться отбросить состав от центра кривой, подобно тому, как она старается вырвать из рук человека грузик, вращаемый на нитке. Пассажиры почувствуют резкий толчок, грузы сдвинутся с места. Под воздействием центробежной силы колёса поезда будут неравномерно истирать рельсы, причём наружный рельс подвергнется большему износу, чем внутренний.

Для того чтобы уравновесить центробежную силу, нашлось простое и надёжное средство: наружный рельс в кривой устанавливается несколько выше внутреннего. Поезд наклоняется внутрь кривой и при этом его вес разлагается на две составляющие, одна из которых прижимает состав к рельсам, а другая уравновешивает центробежную силу. Правильно рассчитанное возвышение позволяет равномерно распределить нагрузку на оба рельса.

При расчёте необходимого возвышения обязательно учитывают и величину скорости поезда. Необходимость учёта скорости будет совершенно ясна, если вспомнить, как влияет она на величину центробежной силы. Ведь из механики известно, что центробежная сила пропорциональна квадрату скорости.

Поэтому чем выше скорость движения поездов по данной кривой, тем большим должно быть возвышение наружного рельса.

Однако возвышение наружного рельса, даже правильно рассчитанное, ещё не устранит толчка от мгновенного появления центробежной силы в момент перехода поезда с прямой на кривую. К тому же и высоту наружного рельса в кривой нельзя увеличивать резко — ступенькой.

Поэтому между прямыми участками пути и круговыми кривыми с постоянным радиусом необходимо устраивать дополнительные, так называемые переходные кривые, в которых радиус постепенно уменьшается от бесконечности (прямая) до той величины, которую он имеет в круговой кривой. На протяжении переходной кривой постепенно увеличивают и возвышение наружного рельса над внутренним.

Вот только теперь поезд будет двигаться плавно: вместе с постепенным увеличением центробежной силы также постепенно будет увеличиваться наклон вагонов внутрь кривой, уравновешивающий эту силу и ликвидирующий её вредное действие.

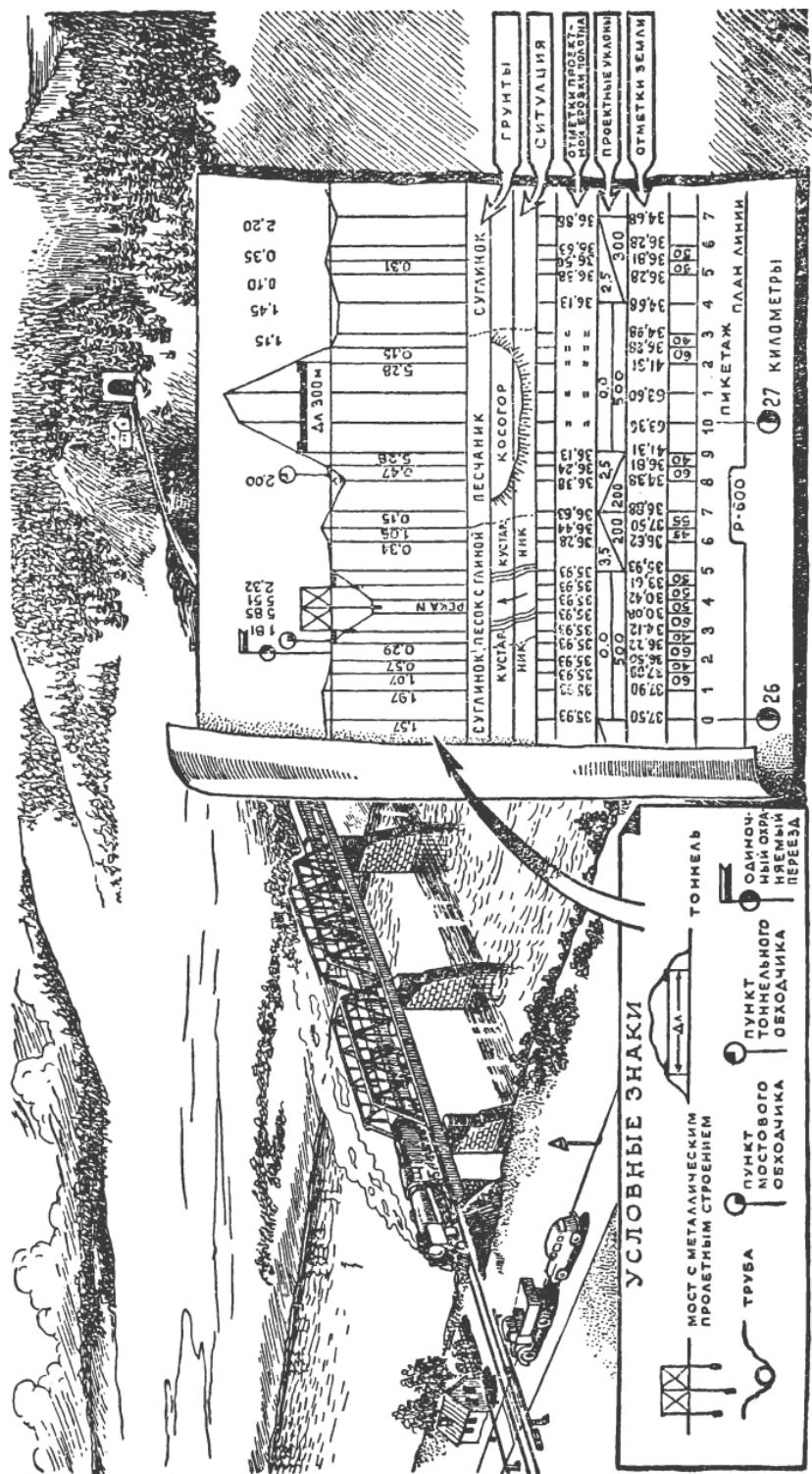
### Чёрная и красная линии

Одновременно с составлением плана линии проектируют и её продольный профиль. Кривая, изображающая на продольном профиле очертание поверхности земли, то стремительно взбегает вверх, то опускается вниз. Чтобы уложить путь, надо часть выступов срезать выемками, а во впадинах возвести насыпи или построить виадуки — мосты над низкими участками суши, устраиваемые вместо высоких насыпей.

Противоречивые требования сразу же возникают перед проектировщиком. Он должен создать такой профиль, чтобы строителям было как можно меньше работы. Но если инженер будет думать только о строителях, об уменьшении объёмов земляных и других работ, то линия составится из крутых подъёмов и спусков, нежелательных при эксплуатации. Вот и надо искать варианты, при которых эти противоречивые требования будут удовлетворены.

Профиль местности вычерчивается на бумаге чёрной тушью. На нём синеет лишь вода рек, пересекающих трассу. Чёрной же тушью отмечает проектировщик и те цифры, которые указывают высоту каждой точки земли над уровнем моря. Профиль, который будет иметь железнодорожный путь, — проектный профиль — чертится уже не чёрной

## Продольный профиль железнодорожного пути



тушью, а красной, и высота его точек записывается красными цифрами. Так и говорят об этих цифрах проектировщики: «чёрные» и «красные» отметки, а о линии земли и линии, на уровне которой будет уложен путь, — «чёрная» и «красная» линии.

Но произвольно провести красную линию и назначить красные отметки проектировщик не может. Его ограничивают получающиеся при этом уклоны пути.

Для того чтобы понять, как велико значение уклонов при проектировании профиля железной дороги, посмотрим на работу какой-нибудь действующей железнодорожной линии.

Поезд тронулся с места и покатился вперёд. Сила веса поезда прижимает его к рельсам. Рельсы в свою очередь создают ответную, противодействующую весу силу реакции. Движение вперёд обеспечивает сила тяги локомотива, преодолевающая сопротивление, которое возникает в процессе перемещения состава.

Обычно принято думать, что вопросами сопротивления движению интересуются только строители самолётов и кораблей. Для них действительно очень важно определять величину сопротивления воды или воздуха.

Однако не только авиационным и корабельным конструкторам, но и железнодорожникам необходимо знать законы появления и воздействия сил сопротивления движению поезда, так как этот вопрос тесно связан с выбором уклонов профиля.

Представьте себе поезд, движущийся по горизонтальному участку пути. Его движению, как и движению самолёта, мешает лобовое сопротивление, возникающее при встрече воздуха с паровозом и вагонами. Чем быстрее идёт поезд, тем больше величина этого сопротивления. Но удельный вес силы сопротивления воздуха в общей сумме сил, оказывающих сопротивление движению железнодорожного состава, неизмеримо меньше, чем для самолёта. И хотя воздушное сопротивление, как и сопротивление, порождённое трением и ударами колёс на стыках пути, интересует проектировщика, в данном случае не оно составляет главный предмет его внимания.

С горизонтального участка поезд перешёл на подъём. И картина сразу же изменилась. Теперь паровозу стало труднее тянуть состав, машинисту приходится увеличивать силу тяги. Причина этого проста: к так называемому основному

сопротивлению, которое возникает при движении поезда по горизонтальному участку пути, добавилось дополнительное, порождённое подъёмом.

В школьных учебниках физики приводится задача о наклонной плоскости. Решение этой простейшей задачи и объясняет, как образуются при подъёме дополнительные силы, мешающие движению.

Наклонную плоскость используют для разложения сил. Вот, например, на грузовик надо вкатить бочку. Если поднимать её по вертикали снизу вверх, то придётся преодолеть силу, равную её весу. Если же бочку вкатывать по наклонной плоскости, то вес её разложится на две силы: одна прижимает бочку к плоскости, а другая стремится скатить её вниз. Грузчику приходится преодолевать именно эту скатывающую бочку силу. А она, разумеется, меньше веса, так как является его частью. Совершенно ясно, что наклонная плоскость облегчает труд рабочего. Но чем круче наклонная плоскость, тем больше скатывающая сила, а чем отложе — тем меньше.

Нечто похожее происходит и при движении поезда на подъёме. Сила его веса тоже разлагается на две части. Одна составляющая прижимает состав к рельсам, другая стремится скатить его вниз и назад. Вот эту силу, образующуюся при движении на подъёме, и называют дополнительным сопротивлением. Она-то главным образом и интересует проектировщика. Чем круче подъём, тем больше величина дополнительного сопротивления. Следовательно, вес состава и крутизна уклона тесно связаны друг с другом.

Нельзя не считаться с воздействием веса состава и при спуске. Тут уже дополнительная сила не тормозит, а, наоборот, разгоняет поезд. Она стремительно толкает состав под гору, заставляя машиниста действовать тормозами.

Всё, о чём мы рассказали, проиллюстрируем цифрами. Для этого воспользуемся величиной так называемого удельного сопротивления, т. е. сопротивления, приходящегося на каждую тонну веса поезда. При движении поезда по горизонтальному участку эта величина составляет примерно 2 килограмма на тонну.

Повышение уклона на одну тысячную (1 метр подъёма на 1 000 метров пути) увеличивает сопротивление в полтора раза, а если допустить уклон в 8 тысячных, то дополнительное сопротивление от подъёма оказывается в 4 раза большим, чем основное.

Отсюда и следует, что чем положе уклоны линии, тем тяжелее может быть состав при той же силе тяги локомотива, тем меньше поездов понадобится для перевозки определённого количества грузов.

За последнее время стремление повысить вес поезда и увеличить скорость его движения начинает играть всё большую роль в расчётах проектировщиков, и это понятно: скорость и вес — два важнейших показателя, на повышение которых устремили свою энергию новаторы транспорта.

Проектировщики же стараются при создании новых дорог предусмотреть все условия для скоростного движения тяжеловесных поездов. Ведь, увеличение пробега паровозов на сети советских железных дорог всего на 5 километров в сутки даст стране экономию в 100 миллионов рублей в год, а повышение веса поездов на 1% добавит к этому ещё 90 миллионов рублей годовой экономии.

Выгодны тяжёлые поезда и потому, что доля веса паровоза в общем весе состава снижается. Чем положе уклон и тяжелее поезд, тем меньше работа, затрачиваемая на перевозку единицы груза, а следовательно, меньше и расход топлива.

Вес поезда, конечно, нельзя менять часто, производя для этого специальные манёвры. А чтобы поезд определённого веса прошёл по всему участку и не остановился на каком-нибудь крутом подъёме, необходимо ограничить наибольшую его крутизну. Вот такой уклон, круче которого нельзя допускать на линии, и называется руководящим уклоном. В соответствии с силой тяги локомотива и величиной сопротивления движению поезда на руководящем уклоне вычисляют вес поезда, а затем и скорости его движения.

Дорога ещё не построена, а проектировщики уже могут точно указать и расчётный вес поезда, который по ней поведёт тот или иной локомотив, и скорости движения поездов в любом месте этой линии, и время хода поезда от одного места до другого, и даже расход воды и топлива локомотивами.

Все эти величины получены в результате так называемых тяговых расчётов и нужны они для того, чтобы заранее знать, каковы будут расходы по перевозке грузов для каждого из вариантов трассы. От величины руководящего уклона зависит не только стоимость перевозки грузов, но и длина линии, а следовательно, и затраты на её постройку. Чем круче уклон, тем короче и дешевле полу-

чится линия. Поэтому выбор величины руководящего уклона серьёзная и ответственная задача.

За рубежом, там, где дороги принадлежат отдельным частным лицам и компаниям, в выборе руководящего уклона единой методики нет. Иначе обстоит дело в Советском Союзе. Советские исследователи разработали специальные способы выбора руководящего уклона в соответствии с задачами будущей дороги и условиями её сооружения. Как правило, чем сложнее рельеф и чем меньше размеры будущих перевозок, тем круче может быть и руководящий уклон. И, напротив, чем ровнее местность и чем больше грузов надо перевозить по будущей линии, тем более пологими должны быть её уклоны.

На эту закономерность более ста лет назад указывал инженер П. П. Мельников. Вернувшись из Америки, куда его вместе с инженером Н. О. Крафтом командировал Николай I, не доверявший опыту и знаниям русских специалистов, Мельников резко критиковал технические принципы проектирования американских железных дорог. Он горячо рекомендовал не применять на русских магистралях крутых уклонов, но в то же время писал о том, что «...всегда существует некоторый предел, далее которого уменьшение скатов (т. е. уклонов — *M. A.*) перестаёт быть выгодным; ясно, что предел этот зависит в каждом частном случае, с одной стороны, от местности, по которой дорога проходит, а с другой, — от количества и от рода предполагаемого движения»<sup>1</sup>.



П. П. Мельников

<sup>1</sup> Статья доцента М. И. Воронина — «К истории изысканий и проектирования Петербургско-Московской железной дороги», Сборник ЛИИЖТ, вып. 143, Трансжелдориздат, 1952,



Н. О. Крафт

Но руководящий уклон всё же не обязательно самый крутой на всей трассе. Он круче других для того случая, когда поезд ведётся одним паровозом. На линии же могут встретиться и более крутые участки, где поезд ведут одновременно несколько локомотивов. Уклоны таких участков носят название уклонов кратной тяги, т. е. тяги, в несколько крат большей, чем в обычных случаях.

Применение на небольших участках пути кратной тяги бывает выгодным тогда, когда оно приводит к большому сокращению длины линии и уменьшению стоимости её постройки.

Однако не одна экономика определяет очертание проектной линии профиля будущей дороги. Здесь играют огромную, порою даже главенствующую роль, требования безопасности движения поездов, обойти которые проектировщик не имеет права. И большая заслуга русских инженеров, посланных в XIX столетии в Америку, состояла в том, что они отказались от заимствования хвалёной заокеанской техники, ибо, как писал современник Мельникова, инженер Липин, «Дешевизна большей части американских железных дорог проистекает главное от простоты устройства, выходящей даже за пределы прочности и безопасности».

Если бы советские проектировщики исходили только из технико-экономических расчётов, отбрасывая требования безопасности, то, стремясь снизить объёмы земляных работ при постройке дороги, инженер сменял бы один уклон другим, приоравливаясь лишь к характеру местности. В результате подобного решения линия огибала бы все подъёмы и спуски. Земляные работы в этом случае действительно удалось бы свести до минимума. И принципиально этот приём не вызывает возражения. Но использовать его можно

лишь до определённого предела. Погоня за излишней дешевизной может привести к тому, что профиль будет иметь множество резких переломов. А такие переломы отзываются на работе поезда, нарушая плавность его движения, изменяя силы, возникающие между вагонами и паровозом, а иногда могут приводить и к разрывам сцепки между вагонами. Поэтому все учебники и наставления по проектированию дорог обязательно указывают на недопустимость резких и частых переломов профиля.

Если учесть все эти обстоятельства, то становится ясно, почему проектировщики стараются придать будущей линии как можно более плавный и спокойный профиль.

### Электричество ведёт поезда

Проектируя профиль, инженеры должны теснейшим образом увязать эту работу с выбором вида тяги.

Единственным типом локомотива на дорогах царской России был паровоз. В наши дни у него появились могучие собратья — электровозы и тепловозы.

Электрическая тяга поездов обязана своим возникновением русской науке. Ещё М. В. Ломоносов отмечал возможность передать «электрическую силу» на большое расстояние.

В 1834 г. Б. С. Якоби изобрёл первый в мире электродвигатель, пригодный в качестве источника тяги. Установленный впоследствии на лодке и питаемый батареей элементов, этот двигатель перемещал против течения Невы лодку с двенадцатью пассажирами. Но это изобретение тогда не получило распространения. Лишь после того как русские исследователи Ф. А. Пиронский, Д. А. Лачинов, М. О. Доливо-Добровольский окончательно



М. В. Ломоносов



Б. С. Якоби

утвердили возможность передачи электроэнергии большой мощности по проводам, электрические двигатели приобрели право на существование. Изобретение П. Н. Яблочковым и И. Ф. Усагиным электрического трансформатора завершило подготовку к использованию электричества в промышленности и на транспорте.

Русские инженеры быстро оценили громадные возможности электрификации железных дорог. Несмотря на то что царское правительство отнеслось к

этой проблеме равнодушно и не пыталось практически разрешить её, в журналах появилось немало статей в защиту электротяги.

«Прогресс идет шаг за шагом,— писал в журнале «Инженер» за 1901 год киевский инженер О. Страус, — а посему в двадцатом веке, кроме неожиданных крупных открытий, железнодорожное дело будет осуществлять то, что намечено смелой фантазией техников конца прошлого столетия, а, как известно, все стремления последнего времени были направлены к тому, чтобы, не изменяя условий безопасности движения, увеличить до максимума самую скорость движения... Достигнуть этих высоких скоростей можно... только тягой электрической».

Замыслы передовых русских инженеров получили практическое воплощение лишь после Великой Октябрьской социалистической революции. Ещё не были до конца разбиты враги, осаждавшие молодую республику, ещё царила разруха, а в Москве VIII Съезд Советов по инициативе Владимира Ильича Ленина принял замечательный план электрификации России, удививший своей грандиозностью весь мир.

На основе плана ГОЭЛРО начались работы и по внедрению электричества на транспорте. Советские учёные разработали теоретические основы электрической тяги, соз-

дали ряд конкретных проектов электрификации дорог, в 1925 году вступила в строй первая электрическая линия Баку — Сабунчи — Сураханы.

Спустя четыре года началось пригородное движение электропоездов на Московском узле, затем электропоезда пошли по Закавказской, Пермской, Свердловской, Томской, Кировской, Южно-Уральской и другим дорогам.

«Коммунизм — это есть Советская власть плюс электрификация всей страны», — писал В. И. Ленин. Необходимость внедрения электричества на транспорте подчёркивается во многих важнейших постановлениях партии и правительства.

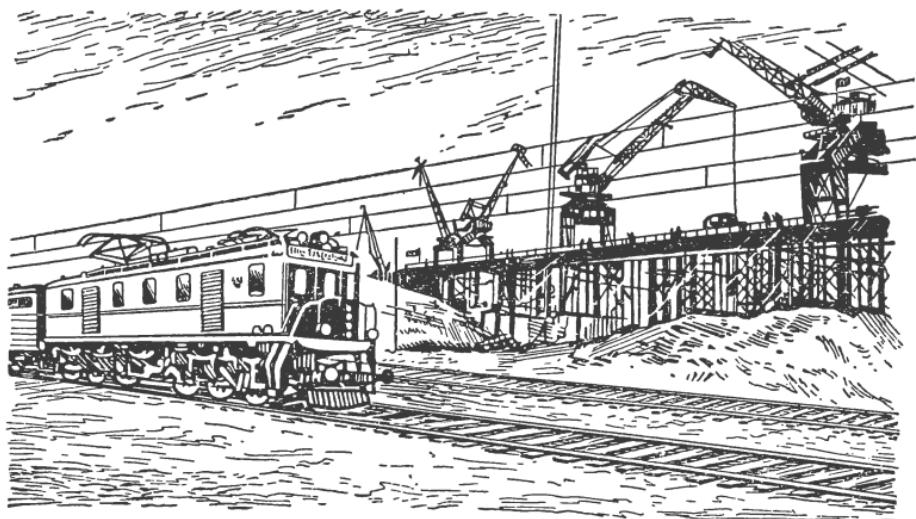
Ввод в действие электрифицированных линий за пятую пятилетку намечено увеличить в четыре раза. Электровозы поведут поезда на дорогах, связывающих Кузбасс с центральными районами страны, на Урале, на подходах к Москве и Ленинграду, на ряде горных участков, имеющих тяжёлый профиль с крутыми уклонами.

Грандиозное строительство гидростанций развернулось в самых различных частях нашей страны. Эти станции дадут громадное количество электроэнергии, значительная часть которой будет использована на железнодорожном транспорте.

Если добавить, что одну четверть добываемого в стране угольного топлива расходует железнодорожный транспорт, то значимость его электрификации станет совершенно очевидной.

Но железным дорогам электричество принесёт не только экономию топлива. Одно из преимуществ электрифицированных линий — их устойчивая работа в суровых зимних условиях. Электрические локомотивы не требуют воды. Применение электровозов значительно снижает эксплуатационные расходы, уменьшается состав и число локомотивных бригад и резко улучшаются условия их работы. Из тёплой закрытой кабины электровоза машинисту легко и удобно вести состав. Поезда с электрической тягой движутся быстрее паровых, а время обслуживания электровоза на станции, в депо гораздо меньше, чем паровоза. Отсюда возможность уменьшения числа депо, а следовательно, удешевления строительства.

В дополнение ко всем этим многочисленным преимуществам отметим, что электрическая тяга существенно влияет



Электровозы всё шире распространяются на железных дорогах на проектирование профиля, определяя характер красной линии.

Применяя электротягу, проектировщики могут смело увеличивать крутизну подъёмов, так как тяговое усилие электровоза гораздо больше, чем у паровоза. Достаточно сказать, что сила тяги такого мощного паровоза, как ФД, составляет 23 300 килограммов, а сила тяги электровоза ВЛ22<sup>м</sup> в полтора раза больше — 37 000 килограммов.

Таким образом, на электрифицированной дороге допускаются более крутые подъёмы и спуски, что уменьшает длину линии и объёмы земляных работ. К тому же следует учитывать, что электровозы имеют значительно более высокий коэффициент полезного действия, нежели паровозы, — в 2,5 раза. А это обстоятельство само по себе смягчает эксплуатационные недостатки крутых уклонов при электрической тяге и, кроме того, позволяет ещё на спусках при помощи особых устройств вырабатывать электроэнергию спускающимся электровозом.

О преимуществах электрической тяги было сказано очень много, и невольно возникает вопрос, почему же она не применяется повсеместно. Для ответа приходится снова заняться экономическими расчётами.

Независимо от вида тяги проектировщикам железных дорог приходится думать о создании целого хозяйства для

обслуживания локомотивов. И вот оказывается, что для дорог с малым объёмом перевозок и дорог, расположенных вблизи топливных ресурсов, пока выгоднее применять тепловозы и паровозы; выгоднее потому, что паровозы и тепловозы не требуют ни многочисленных электроподстанций, ни подвески по всей длине линии контактной сети. Что же касается магистралей с большим грузооборотом, проходящих в горных районах, обладающих дешёвой энергией рек, то на них электротяге следует отдать явное предпочтение, так как на магистрали с большим количеством перевозок затраты на сооружение подстанций и контактной сети с избытком окупят себя через 5—8 лет эксплуатации.

Но техника неуклонно совершенствуется. Сейчас больших затрат для введения электротяги требует сооружение контактной сети. Эта сеть работает под напряжением 3300 вольт. По своим качествам наша система питания поездов электроэнергией превосходит системы питания, принятые в капиталистических государствах. Однако в СССР продолжаются поиски более совершенных, более экономичных способов снабжения железнодорожного транспорта электрической энергией. Советские учёные намечают переход на переменный ток напряжением 20 000 вольт. В соответствии с законом Ома повышение напряжения снизит ток в цепи, а это позволит уменьшить сечение проводов, даст экономию цветных металлов и существенно сократит потери энергии. Сокращение же потерь на нагрев проводов в свою очередь позволит увеличить расстояние между подстанциями, сделать систему питания энергией ещё более выгодной.

Электрификация открывает транспорту огромные перспективы.

По расчётам академика В. Н. Образцова, применение электрических дорог примерно в два-три раза сократит потребности транспорта в топливе, позволит значительно увеличить скорости движения поездов.

«Легко себе представить,—писал академик Образцов,— как эти скорости отразятся на ускорении доставки грузов и особенно на ускорении пассажирского движения. Проезд в Ленинград потребует не больше 6—7 часов»<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> В. Н. Образцов. Перспективы электрификации железнодорожного транспорта в СССР, стр. 20, 1948.

Таковы огромные возможности применения электрической тяги.

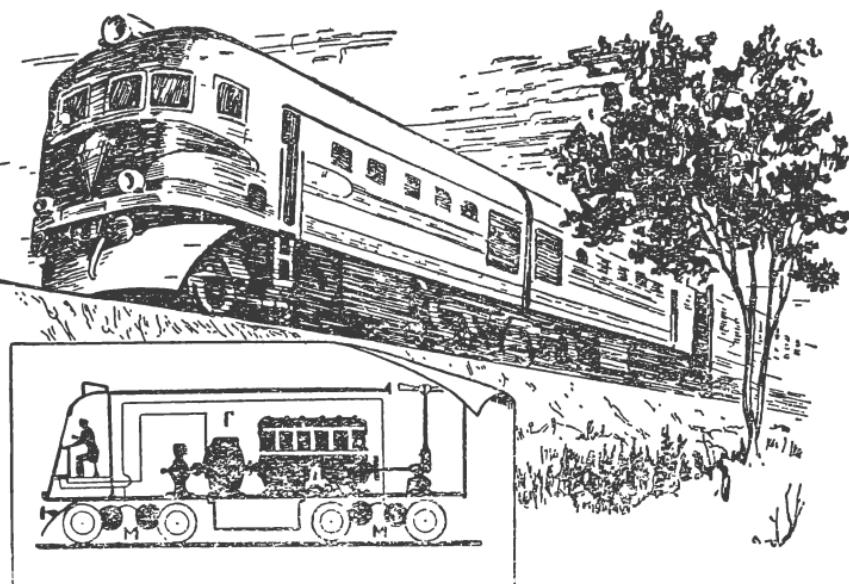
### Электростанция на локомотиве

Однако как ни велики достоинства электрической тяги, она обладает и слабыми сторонами. Одно из таких уязвимых мест — это сложная система передач, которая тянется от генераторов электростанции к двигателям электровоза, осложняя постройку будущей линии и увеличивая её стоимость.

Можно ли преодолеть этот существенный недостаток электротяги?

Да, можно, уверенно отвечает современная техника, снабдившая железнодорожный транспорт тепловозами — локомотивами, обладающими коэффициентом полезного действия, в 4 раза большим, чем у паровоза.

Тепловоз не нуждается ни в тяговых подстанциях, ни в контактной сети, хотя его колёса вращаются электрическими двигателями. Двигатели тепловоза питаются током от генератора, который в свою очередь приводится в дви-



Тепловоз не нуждается ни в тяговых подстанциях, ни в контактной сети. Дизель  $D$  вращает генератор электрического тока  $\Gamma$ , который приводит в действие тяговые электромоторы  $M$ .

жение от двигателя внутреннего сгорания. «Собственная электростанция» на тепловозе понадобилась потому, что дизель, превращающий скрытую химическую энергию топлива в механическую работу, не может менять свою мощность резко, как это требуется от локомотива. Чтобы внедрить тепловозы на транспорте, необходимо было преодолеть этот порок теплового двигателя.

Коробка передач, используемая в автомобиле, здесь неприемлема. Большая мощность локомотивного двигателя приводила к слишком большим конструктивным затруднениям.

И конструкторы пошли по иному пути. Они спроектировали электрическую передачу. Капризный в изменении скоростей и тяговых усилий дизель был соединён с электрическим генератором, а ток, вырабатываемый этим генератором, заставили работать в электродвигателе. После этого регулирование развивающей силы тяги, так же как и скорости тепловоза, производится без большого труда.

Результаты такого решения, принадлежащего учёным нашей страны, оказались успешными. Обладая тяговыми характеристиками, весьма близкими к паровозам той же мощности, тепловоз не требует столь больших расходов топлива, почти не нуждается в воде. Если у паровоза из тонны сожжённого топлива полезную работу совершают всего лишь 60 килограммов, то для тепловоза эта цифра возрастает до 280 килограммов. А расход воды снижается примерно в 2 000 раз, так как тепловозу она нужна лишь для охлаждения двигателя.

С каждым годом тепловозы будут применяться всё шире. Всё меньше и меньше помех остаётся на их пути. Советские учёные и инженеры сумели найти полноценный заменитель дорогостоящего дизельного топлива, необходимого для современных тепловозов. Этим заменителем стал генераторный горючий газ, сырьём для получения которого служит тот же самый уголь, который сжигается в топке паровоза.

И в городах, и в сёлах можно встретить автомобили, которые работают не на бензине, а на древесных чурках. В специальном устройстве — газогенераторе — древесина превращается в газообразное топливо, сгорающее в моторе. Нечто похожее происходит и на новейших тепловозах с той лишь разницей, что сырьём для производства генераторного газа служит не древесина, а каменный уголь.

Замечательные качества тепловоза — малый расход топлива и ничтожные затраты воды, отсутствие тяговых подстанций и контактной сети — позволяют проектировщикам рационально решать проблемы проектирования новых дорог, особенно тех, которые пролегают в засушливых районах.

Но это отнюдь не означает, что можно объявить тепловоз самым лучшим из числа локомотивов, работающих на советском транспорте. Это было бы неверно, так как на наших дорогах работали и будут работать самые различные локомотивы. Различные сферы их применения зависят от мощности и тягово-эксплуатационных характеристик.

Для каждой дороги приходится выбирать локомотив в зависимости от её назначения и условий работы. Но в нашей стране, стране с непрерывным и интенсивным развитием производства размеры перевозок неуклонно растут и поэтому требуются всё более мощные локомотивы всех видов тяги. Вот почему, намечая перспективы развития транспорта, XIX съезд Коммунистической партии Советского Союза принял решение: «... Приступить к производству новых мощных паровозов, электровозов и тепловозов, в том числе газогенераторных».

### Спор вариантов

Уже выбран род тяги, установлен руководящий уклон, спроектирован план и профиль трассы каждого варианта, подсчитаны даже объёмы строительных работ.

Теперь из двух вариантов — горного и обходного — пора выбрать один, самый лучший.

Однако это не так легко сделать. Очень редко случается так, что какой-нибудь из вариантов без труда побеждает своих соперников. Обычно бывает совсем иначе.

Так произошло и с нашей угольно-рудной дорогой. Первоначально кружный вариант казался более предпочтительным. В нём привлекала возможность постройки дороги с пологим руководящим уклоном на удобных для разработки грунтах. Но результаты обследования на местности существенно изменили положение.

В самом деле, как можно было говорить о большей простоте строительства, когда стройку предстояло вести в весьма неблагоприятных условиях. Ведь предстояло преодолеть район вечной мерзлоты, проложить дорогу по болоту,

воздвигнуть большой мост, по сложности своего сооружения мало уступавший тоннелю через перевал, пробиться через зону карстов.

Да, тех преимуществ с точки зрения строительства, которые выглядели на бумаге достаточно вескими, после проведения полевых изысканий у обходного варианта осталось не так уж много. Правда, на равнинной трассе можно было использовать наиболее производительные землеройные машины. Применение их сулило быстрое проведение строительных работ, но и это преимущество исчезло после того, как было решено на ряде участков горной трассы заменить дорогостоящие экскаваторные работы по прокладке выемок эффективным способом разработки грунтов — взрывом.

Проведя сравнение по длине линии, по объёму земляных работ, по количеству сложных сооружений — виадуков, мостов, тоннелей, тщательно проанализировав условия, в которых придётся вести работу с точки зрения геологии местности, наличия подле трассы строительных материалов, рабочей силы, возможности строительства скоростными методами, проектировщики отдали предпочтение горному варианту — лучшему с точки зрения строителей.

Теперь создателям новой магистрали надо было посмотреть на варианты проекта глазами эксплуатационников.

Обеспечение наиболее выгодных условий эксплуатации было не менее решающим обстоятельством в оценке вариантов. И если до проведения разведывательных работ на местности единственным достоинством горной трассы казалась её малая длина, то и тут положение стало иным после того, как детально были изучены возможности каждого направления.

Широкое применение взрывных работ обещало настолько облегчить постройку дороги в горах, что на ряде участков уклоны получились гораздо меньшими, нежели запроектированные вначале, а решение использовать здесь не паровую тягу, а электрическую ещё больше увеличивало достоинства горного пути.

И, наконец, последнее слово произнесли те, кто производил экономическую оценку вариантов. Тут большинство вопросов начиналось с одного слова — «сколько». Сколько труда потребует постройка и эксплуатация каждого варианта? Сколько будет стоить постройка линии и подвижной состав — локомотивы и вагоны, необходимые для перевозок грузов по ней? Сколько дефицитных материалов потребует



Из многочисленных вариантов Мельников и Крафт отобрали самый лучший

строительство? Велики ли будут ежегодные затраты на эксплуатацию и ремонт линии, какова будет стоимость перевозки одной тонны грузов и т. д.

И только после детального сравнения вариантов по техническим и экономическим показателям проектировщики прекратили их спор, ясно увидев, что постройка более короткой линии через горный перевал является в данном случае лучшим из возможных решений.

В наши дни метод сравнения конкурентоспособных вариантов по совокупности всех качеств, которыми они обладают, повсеместно распространён в практике проектирования железных дорог. Мы гордимся тем, что этот метод создан и неуклонно совершенствуется в нашей стране.

Когда проектировалась дорога Петербург — Москва, крупнейшая и наиболее технически оснащённая магистраль своего времени, инженер путей сообщения П. П. Мельников разработал несколько вариантов трассы и, сравнивая их друг с другом, установил, что самым выгодным будет тот, который соединит города по прямой.

В связи с этим фактом, подтверждённым архивными документами, небезынтересно вспомнить широко распространённую легенду о том, как царствовавший в то время Николай I якобы прочертил на карте прямую, задав, таким образом, план магистрали. Небольшое отклонение от прямой на одном из участков дороги распространители этой

ложной версии объясняли тем, что карандаш, огибая палец монарха, сошёл с линейки<sup>1</sup>.

Не движение царского карандаша, а точный расчёт и метод сравнения вариантов заставили русских инженеров избрать прямую, отказавшись от других возможных направлений. Этот расчёт дался недёшево. Достаточно сказать, что Северная дирекция дороги из Петербурга в Москву (дорога при проектировании и сооружении её делилась на Северную и Южную дирекции), руководимая Н. О. Крафтом, для постройки 307,4 километра пути провела исследование различных вариантов общей протяжённостью более 1 100 километров.

Не Николай I, а проектировщики стремились сделать линию прямой, ибо, как писал по этому поводу один из строителей дороги Петербург — Москва инженер Липин: «Одним из главных условий направления всякого рода сообщений есть краткость, следовательно, прямизна, и это условие ещё важнее для железных дорог, для которых кривизна, кроме удлинения пути, влечёт ещё увеличение сопротивления движению»<sup>2</sup>.

Метод сравнения конкурентноспособных вариантов позволяет достаточно точно и обоснованно решить вопрос о выгодности того или иного направления. Так, например, при сооружении Турксиба правильно организованные изыскания позволили существенно сократить первоначально намеченную трассу и принесли экономию в 60 миллионов рублей. А сколько подобных случаев насчитывает практика железнодорожного строительства!

Используя этот метод, проектировщики и остановили свой выбор на горном варианте. Теперь они снова на трассе. Начинается следующий этап в создании будущей дороги — составление технического проекта. Основа для его создания — окончательные изыскания, наиболее точное полевое обследование избранного направления трассы.

---

<sup>1</sup> В своей книге «Возникновение железных дорог в России» доктор исторических наук В. С. Виргинский сообщает, что первым распространителем подобной версии был сам Николай. 25 января 1842 г., принимая в своём кабинете представителей купечества, он заявил, что одержал победу над всеми противниками железных дорог и над «предрассудками».

<sup>2</sup> Цитируется по статье доцента М. И. Воронина — «К истории изысканий и проектирования Петербурго-Московской железной дороги». Труды ЛИИЖТ, вып. 143, Трансжелдориздат, 1952.



## ГЛАВА СЕДЬМАЯ

# *Дорога в действии*

### **О людях и машинах**

Когда изыскатели и проектировщики закончат свою работу, их сменят строители. Проект дороги, представляющий собой множество чертежей, графиков, расчётов, карт, планов, пояснительных записок, они превратят в реальные сооружения — мосты, тоннели, станции, насыпи, выемки, рельсовые пути, водопропускные устройства... Строители проделают большую работу и передадут затем новую дорогу эксплуатационникам — хозяевам будущей магистрали. Чтобы обеспечить все требования эксплуатации, проектировщик должен ясно представить себе будущую дорогу в действии.

На сотни километров протягивается магистраль. На ней будут десятки станций, разъездов, блок-постов, локомотивных и вагонных депо, сортировочных горок.

С чего же начать формирование технического проекта железной дороги? С размещения на ней множества сооружений и устройств, необходимых для нормальной жизни будущей дороги? Нет!

Ответ на этот вопрос приходит совсем не оттуда, откуда, казалось бы, его можно было ожидать.

Прежде всего советские инженеры, проектировщики и строители железной дороги подумали о людях, которым придётся жить около неё, водить составы с пассажирами и грузами, обслуживать ту сложную технику, без которой не сможет действовать магистраль.

Заботой о человеке пронизана вся политика Коммунистической партии. Для социалистического государства люди — самая великая ценность. И какую бы область

науки и техники мы ни взяли, повсюду учёные и инженеры трудятся на благо нашего народа.

Этим принципом заботы о людях руководствуются и проектировщики железных дорог, когда представляют себе большую магистраль в действии.

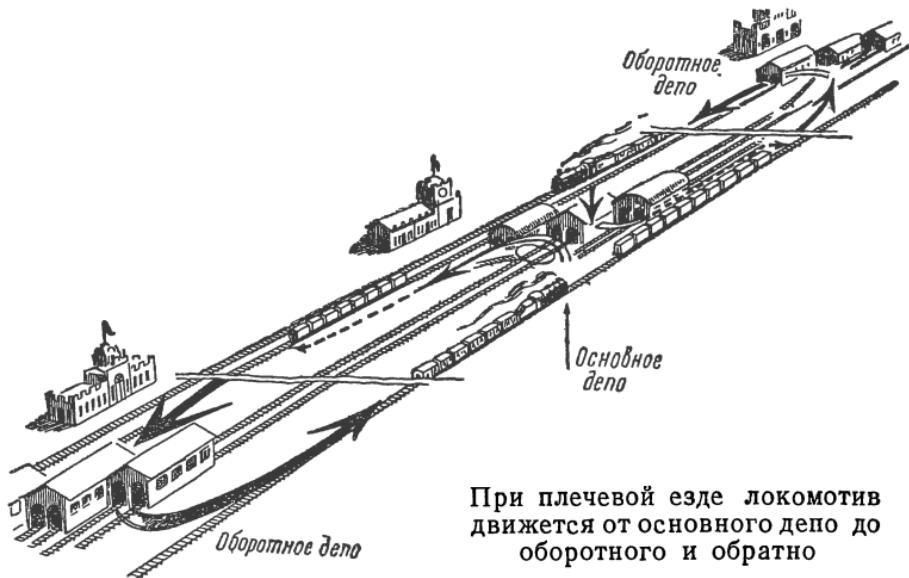
Размещая станции на трассе, нанесённой на карте, инженер прежде всего думает о создании благоприятных условий для ответственного труда людей, о регулярном и спокойном отдыхе. Первостепенное значение имеет рациональная организация работы и отдыха локомотивных бригад. Не более восьми часов должна находиться в пути локомотивная бригада. Когда кончается рабочий день, бригада, как правило, должна для отдыха возвратиться домой, в депо, из которого она выехала, либо прибыть с поездом на соседнюю деповскую станцию. Исходя из того, что продолжительность рабочего дня не может быть превышена, проектировщик рассчитывает длину тяговых плеч — расстояния между двумя смежными деповскими станциями, — обычно между основным депо, около которого живут обслуживающие его бригады и соседним, так называемым оборотным депо, где «оборачиваются» локомотивы, возвращающиеся в своё основное депо.

Долгое время эксплуатация паровозного парка была организована по принципу плечевой езды. В обе стороны от основного депо уходили на длину тягового плеча локомотивы. Плечевая езда считалась незыблемым способом использования локомотива.

Доходит поезд до конца тягового плеча. Паровоз отцепляется и идёт на экипировку — заправку топливом, водой и песком, а к составу подаётся новый локомотив, с другим машинистом, который поведёт поезд дальше.

В отличие от основного депо, откуда локомотив направился в рейс, депо на конце тягового плеча называют оборотным. По имеющимся в нём устройствам и характеру работ оно значительно проще основного. Здесь не ведётся серьёзный ремонт локомотива. Работа оборотного депо ограничивается лишь экипировкой и мелким ремонтом. После экипировки машина снова выходит на линию... К тому времени прибывает следующий поезд, и бригада ведёт его в обратном направлении с тем, чтобы к концу своего рабочего дня прибыть домой, на станцию, где расположено основное депо.

На 80—150 километров отстоят друг от друга точки,



При плечевой езде локомотив движется от основного депо до оборотного и обратно

обозначающие станции, где будут размещены депо. Но восемьдесят или сто пятьдесят? Какую из цифр принять? В каждом конкретном случае на этот вопрос свой ответ. Вычисляя протяжённость тяговых плеч, проектировщик должен, помимо продолжительности рабочего дня локомотивной бригады, учитывать самые разнообразные обстоятельства. Среди них и тип локомотива, и интенсивность движения на проектируемой линии, и характер грузооборота, и наличие источников водоснабжения, и населённость района, через который проходит трасса.

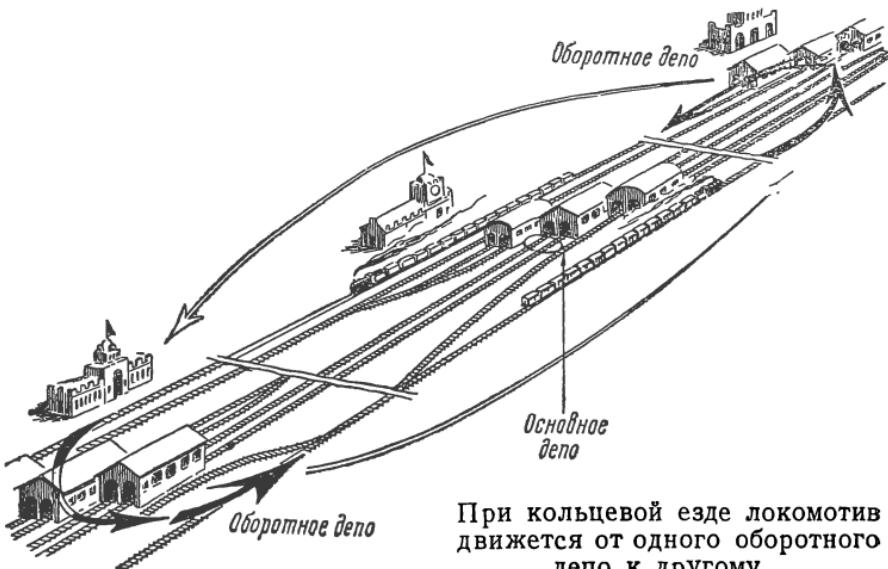
Любой из перечисленных факторов может внести существенные поправки в расчёты. Вот, например, тип локомотива. От выбора его зависит скорость движения, а следовательно, и время пребывания в пути. Достаточно заменить паровоз электровозом, как длину тягового плеча можно увеличить, обеспечив в то же самое время 8-часовой рабочий день бригады. Ведь электровозу не приходится затрачивать время на заправку углём и водой и движется он быстрее.

Но есть и другие обстоятельства, которые должен учесть в своих расчётах проектировщик. Размещая станции с основными и оборотными депо, он пытливо интересуется достижениями передовых машинистов и новаторов других профессий, старательно учитывая всё рациональное, что могут принести эти новшества проекту.

Опрокидывая сложившиеся нормы, передовые люди советского транспорта создали новые, более совершенные методы работы. Машинисты локомотивов хотят, чтобы их мощные машины не простаивали без дела ни минуты. И в этой борьбе за полное овладение техникой родился метод кольцевой езды, метод, созданный творческой работой лучших новаторов транспорта.

Сущность этого метода состоит в том, что паровоз ездит как бы по кольцу от одного оборотного депо к другому. Все экипировочные работы ведутся в оборотных депо — крайних точках этого кольца (как их называют в этом случае пунктах оборота локомотива). На станциях с основными депо лишь сменяются бригады и производится осмотр локомотива. И смена бригад и осмотр осуществляются на путях, без отцепки локомотива от состава и захода его в депо. За счёт чётких и согласованных действий паровозников время полезной работы машины существенно возрастает.

Позаботившись о локомотивных бригадах — ведущих кадрах железной дороги, а также создав условия для нормальной работы всех других работников транспорта, проектировщик сосредоточивает своё внимание на технике. Разместив станции с основными и оборотными депо, он думает теперь и об устройстве самих депо, предусматривая в них всё необходимое для нормального обслуживания



При кольцевой езде локомотив движется от одного оборотного депо к другому

и ремонта локомотива. Подробный проект деповских устройств включает в себя приспособления для промывки и очистки котлов, ремонтные мастерские с достаточным количеством станков, сварочными аппаратами, слесарным оборудованием, канавы для осмотра ходовых частей паровоза, позволяющие осмотреть машину снизу, подъездные пути, склады топлива, запасных частей и т. д.

Заботясь о машинах, проектировщик намечает положение не только станций с депо, но и тех станций, где нужно пополнять запасы воды. Их понадобится очень много. Само название паровоза говорит о том, что этой машине не обойтись без воды. Вода, превращаясь в пар, приводит в движение паровую машину локомотива. Без неё нельзя производить промывку паровозных котлов, обеспечивать чистоту пассажирских вагонов и вокзалов. Вода охлаждает двигатели тепловозов и машины железнодорожных электрических станций. Она нужна пристанционным посёлкам.

Определив необходимое количество воды, приходится сразу же отвечать и на другой вопрос: а откуда же её достать? Решение этой задачи началось ещё при рекогносцировочных изысканиях, когда на учёт были поставлены реки, озёра, пруды, ключи и подземные воды. На основе материалов полевых предварительных изысканий проектировщики вычислили ресурсы всех возможных источников.

Однако, интересуясь количественными данными, инженеры не забывали и о качественных. Далеко не всякая вода оказывается подходящей. Бактериологические анализы источников должны гарантировать, что она не принесёт людям никакого вреда. Анализы химиков должны доказать, что она не принесёт ущерба паровозным котлам. От жёсткой воды, богатой различными солями, стараются отказаться. Такая вода оставит на стенах паровозных труб и котлов толстый слой накипи, ухудшая теплопроводность стенок котла и труб, снижая коэффициент полезного действия локомотива.

Когда начинается составление технического проекта, все сведения о воде, о её количествах и качестве у проектировщика должны быть собраны и проанализированы. Инженеры выбирают источники водоснабжения, соответствующие предъявляемым требованиям, и намечают места установки насосных станций, питающих дорогу.

Пункты водоснабжения определяют собой положение тех станций, где, не отцепляясь от состава, локомотив сможет

пополнить запасы воды. Станции с пунктами водоснабжения располагаются друг от друга на таком расстоянии, чтобы при пробеге его паровоз не успевал полностью израсходовать залитую в тендер воду. Это требование зафиксировано в технических условиях проектирования железных дорог. Его предъявляют по очень простым соображениям: если поезд с малым запасом воды движется по уклону, то она отходит к краю тендера и засосать её в котёл трудно, а порой даже и невозможно. Кроме того, при непредвиденных задержках в пути паровоз не должен оставаться без воды.

Но станции, на которых локомотив должен набирать воду, необходимы только в том случае, если поезд ведут обычные паровозы. Достаточно заменить их паровозами с тендером-конденсатором, где отработавший пар конденсируется и снова используется в котле, или заменить паровозы тепловозами или электровозами, как промежуточные пункты водоснабжения, расположенные между деповскими станциями, становятся излишними.

### Арифметика движения поездов

Определённая пропускная способность будущей линии предусматривалась ещё проектным заданием и соответственно по дороге были размещены станции и разъезды.

И большая станция, и маленький разъезд разбивают линию на отдельные участки, поэтому их называют раздельными пунктами, а часть линии, ограниченную двумя такими пунктами, — перегоном. Значит, многокилометровую магистраль можно рассматривать как ряд прилегающих друг к другу перегонов. До тех пор, пока поезд не перешёл с одного перегона на другой, вслед ему нельзя выпускать другой. Иначе при однопутной линии невозможно гарантировать безопасность движения.

Представим себе, что поезд проходит каждый из перегонов за одно и то же время. Для того чтобы вычислить, сколько составов может ежесуточно пропустить дорога, достаточно число минут в сутках (1 440) разделить на период графика (как называют время пребывания поезда на перегоне и прилегающей к нему станции).

Остаётся произвести незамысловатые арифметические подсчёты. Представьте себе, что расстояние в 600 километров, примерно равное пути от Москвы до Ленинграда, раз-

делено всего на четыре перегона. Каждый из этих перегонов поезд проходит, допустим, за 240 минут. Если бы такие фантастические перегоны действительно существовали, то рассматриваемая однопутная линия пропускала бы за сутки в каждом направлении не более шести поездов ( $1\ 440 : 240 = 6$ ).

Пример, который мы привели, воспринимается как явная бессмыслица. Он приведён здесь лишь для того, чтобы наглядно убедиться в правильности вывода, давно сделанного проектировщиками. Чем короче перегоны, чем больше число раздельных пунктов, тем выше пропускная способность дороги, хотя при этом тем больше остановок и меньше так называемые участковые скорости движения поездов (при вычислении участковой скорости путь делят на время, включающее и время стоянок).

Ещё один пример, тоже нереальный, но не менее наглядный, чем первый. Надо рассчитать пропускную способность той же дороги при условии, что перегоны резко отличаются по времени хода друг от друга. Одни из них поезд проходит за полчаса, другие за час, третьи — за два и, наконец, существует даже трёхчасовой перегон. Ясно, что всем поездам не миновать длинного перегона, и определение пропускной способности приходится вести исходя именно из него.  $1\ 440$  делится на  $180$  и получается восемь поездов за сутки вместо сорока восьми при получасовом перегоне.

Этот пример позволяет сделать второй, не менее важный вывод: раздельные пункты должны разбить линию на примерно одинаковые по времени хода поезда перегоны, чтобы использовать полнее её возможную пропускную способность.

Но вернёмся от наших нереальных примеров к действительности. Проектировщику нужно разместить раздельные пункты так, чтобы выполнить требования проектного задания. Прежде всего он определяет, сколько станций и разъездов потребуется дороге, устанавливает, какова будет длина перегонов. При этом возникает сложная задача. Ему приходится искать такой вариант, который был бы самым выгодным и в то же время заключал бы резервы для дальнейшего увеличения грузооборота.

В необходимости резервов, которыми должна обладать строящаяся линия, можно легко убедиться, если вспомнить о том, сколько нового несёт железная дорога районам, через

которые она проходит. Экономика этих районов быстро развивается. Возможность отправлять и получать грузы оживляет экономику городов и селений, а это в свою очередь, увеличивая нагрузку новой магистрали, потребует повышения её пропускной способности.

Пренебрежение резервами приводит к печальным результатам. Об этом убедительно свидетельствует случай, имевший место на Московско-Казанской железной дороге во второй половине прошлого столетия. Построенная в 1865 году, она уже через пять лет, в 1870 году, не справлялась с перевозками, настойчиво требуя новых огромных капиталовложений для сооружения вторых путей.

Долгое время частое размещение разъездов и постепенное их открытие было единственным источником резервов пропускной способности новой магистрали. Теперь положение изменилось. На помощь проектировщику приходят устройства сигнализации, централизации и блокировки. Инженер планирует их возможное применение одновременно с решением вопроса о размещении разъездов.

Переход к более совершенным системам СЦБ, как сокращённо называют сигнализацию, централизацию и блокировку, — важный резерв для повышения пропускной способности дороги.

Устройства СЦБ не только обеспечивают безопасное движение на перегонах и станциях, — возможности этих устройств гораздо шире. Они повышают безопасность труда, увеличивают его производительность и существенно сокращают число людей, обслуживающих линию, так как внедрение совершенных систем СЦБ тесно связано с механизацией и автоматизацией ряда процессов, с централизацией, т. е. сосредоточением управления многочисленными и разнообразными устройствами в одном пункте.

Повышение пропускной способности дорог за счёт применения СЦБ объясняется следующим.

На перегон разрешается выпускать только один поезд. Отправляя следующий состав, дежурный обязан удостовериться в том, что предыдущий уже прибыл на другую станцию и перегон свободен. Он вынужден связаться по телефону или телеграфу со своим соседом, получить от него нужные сведения, оформить документы, разрешающие выезд, и передать их на локомотив машинисту. Всё это требует значительного времени, а поезд стоит, ожидая разрешения покинуть станцию.

Такую простейшую систему связи между станциями, как телеграф и телефон, проектировщик может предусмотреть лишь на первые годы эксплуатации, да и то только при условии, что дорога не магистральная, а второстепенная и движение по ней очень невелико.

Если проектируется магистраль, поступают иначе. Конечно, и здесь вначале, когда движение ещё невелико не нужны сложные современные устройства СЦБ. Необходимость в них появится спустя несколько лет, после того как увеличится число поездов, а пока они только удорожат дорогу, снизят её экономическую выгодность.

Наиболее простое устройство СЦБ — электрорежезловая система. На всех станциях и разъездах устанавливаются специальные аппараты, электрически связанные друг с другом. В каждый из этих аппаратов вложен ряд металлических стержней-жезлов. Для того чтобы выпустить на перегон поезд, дежурный вынимает из аппарата очередной жезл и вручает его машинисту, отправляющемуся в путь. До тех пор, пока жезл не будет вложен в аппарат на соседней станции, невозможно (даже при желании) вынуть другой жезл, чтобы отправить вслед за ушедшими или навстречу ему другой поезд.

Предусматривая электрорежезловую систему, проектировщик знает, что ей придётся работать на новой магистрали всего несколько лет. Безопасность движения такая система гарантирует, а вот что касается пропускной способности, то тут дело обстоит хуже. Доставка жезла от аппарата к машинисту и, наоборот, с паровоза к дежурному по станции требует много времени. По мере развития дороги растёт грузооборот, увеличивается число поездов, и электрорежезловая система, удобная на первом этапе эксплуатации, превращается в тормоз. Чтобы этого не случилось, ещё в процессе проектирования намечен срок, по истечении которого электрорежезловая система должна уступить место другим, более совершенным устройствам блокировки.

После пуска магистрали проходит несколько лет. Число поездов, курсирующих на линии, надо постоянно увеличивать, и в действие вступают резервы, заботливо предусмотренные проектировщиками. Начинается монтаж устройств автоматической блокировки.

Принципиальная идея автоблокировки такова. Весь перегон от одного раздельного пункта до другого разбивают на ряд так называемых блок-участков. На границах этих

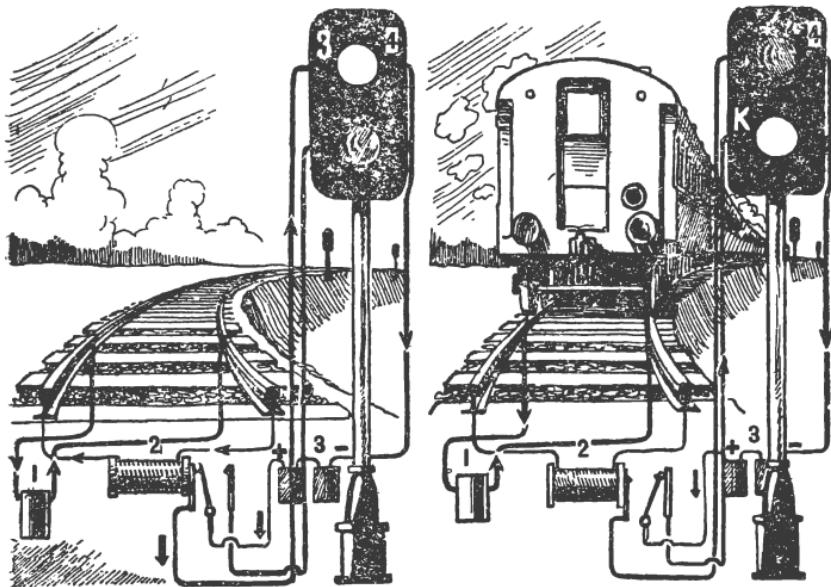


Схема автоблокировки:

Цифрами отмечены наиболее существенные элементы схемы:  
1—путевая батарея, 2—реле, 3—сигнальная батарея, 4—светофор

участков между стыками рельсов устраивают электрическую изоляцию, отделяя их друг от друга. Участки сравнительно коротки (но не менее 800 метров). Это продиктовано требованиями безопасности движения. Перед каждым из них стоит светофор.

Пограничные стыки тщательно изолированы, а электрические связи между отрезками рельсов внутри блок-участка, наоборот, усилены. Так сделано для того, чтобы надёжно связать рельсы, превратить их в своеобразные провода, по которым, не выходя из пределов блок-участка, может протекать ток.

Рельсы дороги, оборудованной автоблокировкой, — это только часть электрической цепи. В ней входит ещё источник тока и электромагнитное устройство — реле. Попадая в реле, ток заставляет электромагнит притянуть якорь и зажечь зелёный сигнал светофора — путь свободен!

Но вот колёса паровоза перекатились через электрическую изолирующую прокладку на границе, замкнули цепь и заставили ток потечь в ином направлении: через колёса, мимо реле. Электромагнитное реле отпускает якорь, и зелёный свет гаснет, уступая место красному — путь занят.

Такова самая простая схема автоблокировки. Но даже из неё ясно видны возможности, которые несёт дороге новая техника. Уже не перегон, а неизмеримо более короткий отрезок пути — блок-участок — определяет пропускную способность магистрали. За время, в которое раньше удавалось отправить лишь один поезд, теперь можно посыпать несколько поездов и не сомневаться в безопасности их движения, ибо пока первый состав не покинет блок-участка, перед следующим не вспыхнет сигнал светофора, разрешающий ему двигаться вперёд.

Два цвета — зелёный и красный — это основа простейшей из блокировочных систем — двузначной. Практически гораздо чаще можно встретить трёхзначную систему. Её устройство несколько сложнее, но зато сигналы рисуют машинисту более полную картину состояния пути перед составом. Зелёный свет подтверждает полную возможность двигаться без снижения скорости. Когда он горит, впереди свободно не менее двух блок-участков. Но вот его сменил жёлтый. Скорость надо снизить. Впереди свободен лишь один участок. Жёлтый сигнал сменяется красным, и машинист немедленно тормозит: либо впереди занят путь, либо повреждена система блокировки.

В практике проектирования могут быть случаи, когда инженеры предусматривают оснащение магистрали ещё более совершенной — четырёхзначной системой. Однако даже эта совершенная система — далеко не предел возможностей, которыми обладает наша замечательная советская техника. Чтобы машинист вёл поезд ещё быстрее и ещё увереннее, применяется гораздо более удобная система СЦБ — так называемая автоматическая локомотивная сигнализация, при которой маленький светофор устанавливается в паровозной будке, точно повторяя показания светофоров, установленных вдоль линии.

Устройства автоматической локомотивной сигнализации были существенным шагом вперёд, но советские инженеры достигли ещё большего. В нашей стране были изобретены новые системы автостопов, которые, дополнив локомотивную сигнализацию, в ещё большей степени повысили безопасность движения поездов.

Если загорелся сигнал, требующий остановки, и раздался свисток, привлекающий внимание машиниста, а он почему-либо не принял мер к остановке поезда, прибор сделает это сам, автоматически. Автостопы уже находят себе ши-

рокое применение на наших дорогах. При больших скоростях движения безотказно работает автостоп инженера А. А. Танцюры. Он называется точечным, так как сигналы линейных светофоров приходят к нему лишь в определённых точках пути, в которых установлены электромагнитные индукторы.

На советских дорогах можно встретить и более совершенные автостопы непрерывного действия, созданные коллективом инженеров под руководством Н. М. Фонарёва и А. М. Брылеева. Создатели обоих приборов удостоены Сталинской премии.

## Большой конвейер

Каждый из нас представляет себе заводской конвейер. Фотографии сборочных цехов, где изделия путешествуют от одного рабочего места к другому, мы не раз видели на страницах газет, на экранах кинотеатров. Конвейером, только в сотни тысяч раз большим по своим масштабам, является по существу наш железнодорожный транспорт. В цехе соединяются друг с другом рабочие места. Станции — рабочие места эксплуатационников — связываются в единое целое рельсами путей.

Объём станционной работы очень велик. Здесь обслуживают пассажиров, принимают и выдают грузы, формируют и переформировывают поезда. Чтобы справляться с этой многообразной работой, происходящей на станциях, необходимо большое количество станционных путей. Вот почему в директивах XIX съезда Коммунистической партии по пятому пятилетнему плану намечено дальнейшее увеличение их протяжённости.

Точки раздельных пунктов уже легли на трассу. Инженеры наметили их положение, исходя из заданной пропускной способности дороги. Но когда дорога будет построена, точки на бумаге превратятся в станции, предназначенные для различных целей. Некоторые останутся разъездами и обгонными пунктами, другие, повинуясь требованиям эксплуатации и экономики, вырастут в мощные станции и узлы.

На станциях погрузки и выгрузки вагонов спроектированы грузовые дворы со складами, предусмотрено использование многообразных погрузочно-разгрузочных механизмов. Проектировщики с большим вниманием отно-

сятся к этой части своей работы. Ведь чем быстрее идёт погрузка и выгрузка, тем меньше простоя, тем быстрее обирачиваются вагоны, а борьба за ускорение оборота вагонов—одна из насущных задач всех советских транспортников.

На станционных путях приёма и отправления поездов, число которых должно быть точно рассчитано в соответствии с расчётными размерами перевозок, ждут своей очереди готовые к отправлению составы. От пассажирских платформ отправляются местные и дальние поезда. Среди путей возвышаются гидроколонны, питающие паровозы водой.

На участковой станции проектировщик разместит основное депо и пункты технического осмотра вагонов.

Пути пробега вагонов как пассажирских, так и грузовых не ограничиваются проектируемой линией. От места своей приписки вагоны могут убегать на многие сотни и тысячи километров. Мало ли что может случиться в таких дальних путешествиях. Пункты технического осмотра, предусматриваемые на участковых станциях, и назначены для того, чтобы обнаружить и устранить неисправности, которые могут возникнуть в вагонах за время их долгого странствования.

Обслуживание вагона гораздо проще, чем локомотива. Но всё же и вагоны требуют тщательного технического контроля, так как небольшая неисправность легко может стать причиной аварии.

Пункты технического осмотра вагонов проектировщики не случайно размещают на больших станциях. «Лечить» вагон обычно удобнее там, где происходят массовые погрузка и выгрузка, но для того, чтобы не снижать время полезной работы вагона, мелкий ремонт обычно ведут без отцепки его от состава даже на промежуточной станции. Все запасные части и инструменты размещают в небольших шкафах и стеллажах между станционными путями. Неподалеку строится помещение для ремонтных бригад.

На советском транспорте почти весь вагонный парк обуружен автоматическими тормозами. Время от времени их исправность надо проверять, поэтому в проектах многих станций предусматриваются для этой цели специальные контрольные пункты.

Предусмотрены пункты по снабжению водой и топливом пассажирских вагонов, промывочно-пропарочные станции

для очистки цистерн, дорожные мастерские для ремонта колёс и т. д.

На некоторых станциях проектировщик предусматривает сооружение солехранилищ, ледников и эстакад для погрузки льда в вагоны, перевозящие скоропортящиеся грузы.

Но, кроме таких станций, без которых не сможет нормально работать будущая магистраль, в проекте обязательно должны быть предусмотрены сортировочные станции, которые по справедливости можно назвать «фабриками маршрутов».

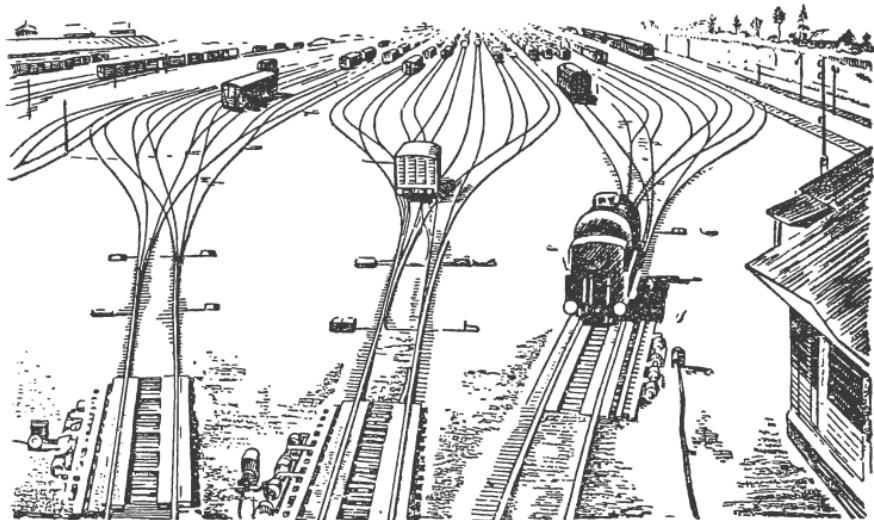
### «На фабрике маршрутов»

Вместе с проектировщиком нарисуем себе картину одной из сортировочных станций в действии. Масштабы её работы очень велики. Замысловато переплетаются друг с другом линии путей, на которых производятся манёвры.

У станции этого типа ответственная задача — рассортировать вагоны, быстро накопить их в нужном количестве и сформировать составы так, чтобы маршрут без переработки мог проследовать на многие километры до станции, куда адресуются грузы. Её обычно располагают около крупного промышленного центра с большой погрузкой, чтобы накопление вагонов происходило как можно быстрее.

Большой грузовой состав прибыл на сортировочную станцию. Здесь его надо переформировать. Часть вагонов направляется под выгрузку, другая пойдёт на боковые ветки, примыкающие к магистрали, третья проследует дальше. Некоторые вагоны прибыли в неисправном состоянии. Их надо ремонтировать. Задача сортировочной станции — распустить состав, сформировать новый, направить на лечение «заболевшие» вагоны.

При проектировании такой станции нужно предусмотреть специальные сортировочные устройства — сортировочную горку или сортировочные вытяжки. В тех случаях, когда предстоит большая работа, проектируют горку, в остальных — ограничиваются постройкой одной или нескольких вытяжек. На безгорочной станции формирование составов производится маневровым локомотивом, который по очереди подаёт вагоны на вытяжной путь, посыпая их затем в нужном направлении. Сортировочная горка представляет собой сложное механизированное устройство,



Сбегая с горки, вагоны попадают на нужный путь. Обилие путей сортировочного парка позволяет вести формирование нескольких маршрутов

имеющее искусственное возвышение, с которого вагоны расцепленного состава поочерёдно, в одиночку или группами сбегают под уклон на пути сортировочного парка.

Горка работает быстро и производительно. Используя её огромные возможности, оператор не должен терять ни минуты. Поэтому подготовка поезда к переформированию начинается ещё на соседней участковой станции.

Осматривая поезд, там составляют так называемый натурный лист, своего рода фотографию, отображающую состояние состава (номера и типы вагонов, содержащийся в них груз, сведения об автотормозах и автосцепке, станции отправления и назначения).

Быстро стучит буквопечатающий аппарат «телетайп». Поезд ещё в пути, а на сортировочной станции, в парке прибытия, идёт обработка содержащихся в натурном листе материалов. По полученным сведениям составляется другой документ — сортировочной листок — основное руководство для работы людей, обслуживающих сортировочную горку.

Поезд только приближается к станции, а оператору уже известен характер предстоящего переформирования.

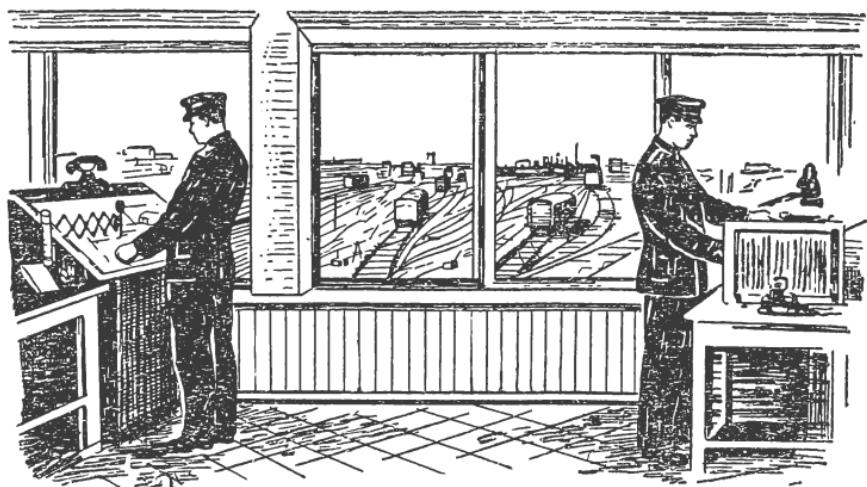
Состав прибыл. В соответствии с сортировочным листком в нужных местах его расцепляют и маневровый паровоз

начинает подталкивать вагоны к горке. С машинистом маневрового паровоза оператор «разговаривает» сигналами горочного светофора: горит зелёный свет — можно двигать вагоны вперёд с установленной скоростью; загорелся жёлтый — то же вперёд, но помедленнее; красный сигнал требует остановки, а если при красном сигнале вспыхнет ещё буква «Н», состав нужно оттянуть назад.

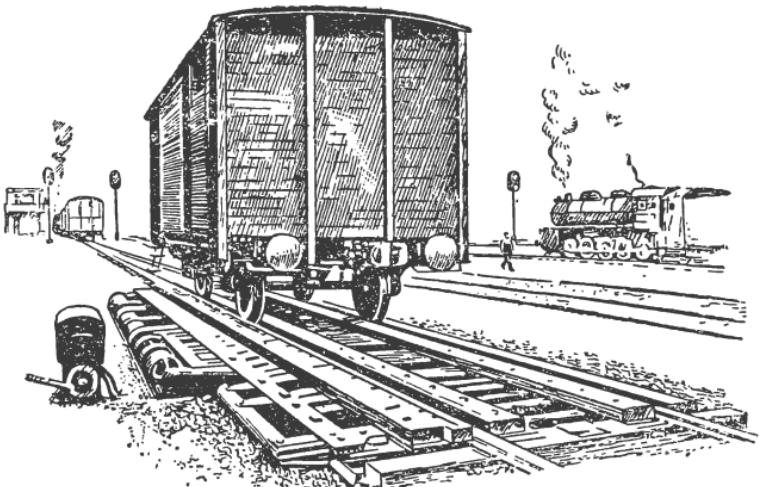
Но язык световых сигналов очень беден. Он позволяет «произнести» только самые несложные фразы. На помошь машинистам, операторам горок и маневровым диспетчерам пришло радио. Инженеру Н. М. Михаленко, Б. Ф. Карро-Эст, Г. П. Ситникову, Н. А. Меттасу, Г. Ц. Хубаеву за



Поезд ещё в пути, но буквопечатающий аппарат доставил все нужные сведения



Не выходя из комнаты, операторы ведут формирование составов



Горочные замедлители, словно клещами, охватывают колёса, тормозя движение вагонов

успешное разрешение проблемы радиосвязи на транспорте присуждена Сталинская премия.

На светофоре загорелся зелёный сигнал. Радио объявило о начале манёвров. Машинист двинул состав. Скатываясь с горки, вагон или несколько вагонов сразу сбегают вниз на нужный путь. Направление их движению задаёт оператор. Не выходя из своей комнаты, он при помощи электрического управления переводит стрелки и регулирует специальными замедлителями скорости вагонов при спуске. Замедлители — важное устройство для безопасности горочных работ. Действуя сжатым воздухом, остроумные механизмы, как клещами, охватывают обода колёс, притормаживая их и тем самым уменьшая скорость спуска.

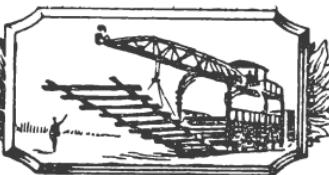
Без увеличения количества маневровых паровозов и числа путей благодаря горке значительно ускоряется обработка поездов и сокращается пребывание вагонов на станциях. Но горка слишком дорога и поэтому не всегда применима. Как мы уже знаем, хорошее техническое решение экономически далеко не всегда бывает наиболее целесообразным. Горки требуют больших затрат, значительной станционной территории и большого путевого развития. Поэтому они целесообразны только на больших сортировочных и участковых станциях грузонапряжённых магистралей.

Сортировочные горки уже не первый год работают на советских железных дорогах. Их конструкция непрерывно

совершенствуется, ускоряя темпы обработки поездов. Техника уже исключила возможность ошибок оператора. Горочная централизация лауреатов Сталинской премии Н. М. Фонарёва и А. М. Брылеева позволяет переводить стрелки автоматически по заранее намеченному маршруту.

Всё больше растёт объём работы советских железных дорог. В 1951 году одна только Омская дорога превзошла по грузообороту все дороги Англии вместе взятые. В этих успехах, достигнутых советскими людьми, немалую роль играет новая техника.

В директивах по пятому пятилетнему плану записано: «...увеличить к концу пятилетия против 1950 года протяжённость участков, оборудованных автоблокировкой, примерно на 80 процентов и автостопами не менее чем в 2,5 раза, а также увеличить количество стрелок, оборудованных электрической централизацией, примерно в 2,3 раза. Значительно увеличить применение диспетчерской централизации. Обеспечить дальнейшую механизацию сортировочных горок. Продолжить работы по внедрению радиосвязи для управления движением поездов и маневровой работой».



## ГЛАВА ВОСЬМАЯ

# *Проект строителям*

### **Подготовка к наступлению машин**

Одна за другой завершаются стадии проектных работ. Уже далеко позади рекогносцировка и предварительные изыскания. Завершаются окончательные изыскания и работа над техническим проектом, но ещё не окончен труд проектировщиков.

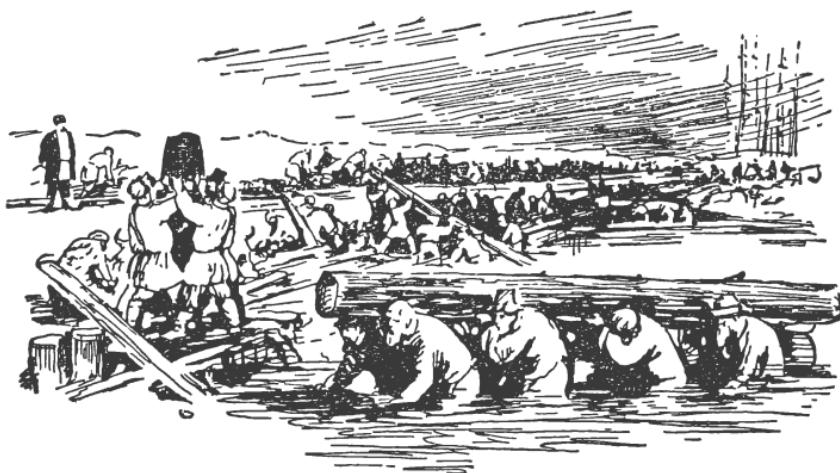
Продолжая уточнять облик дороги, они принимаются за разработку проекта организации строительных работ.

Что и где строить—уже ясно. Теперь основное внимание уделяется организации строительства.

Строителям предстоят разнообразнейшие работы, начиная от сооружения земляного полотна и кончая монтажем сложных электрических устройств сигнализации, централизации и блокировки. Процессы чрезвычайно разнохарактерны, поэтому от инженера требуется немалое искусство, чтобы увязать их в единый комплекс, чтобы построить новую линию в кратчайший срок. Без проекта организации работ этого сделать невозможно.

В условиях нашей социалистической страны проект организации строительных работ приобретает особенное значение. Мы работаем по плану. По плану отпускаются государственные средства, многочисленные машины и механизмы, материалы.

Каких-нибудь сорок-пятьдесят лет назад детальных проектов организации работ не составляли. Силой человеческих мускулов выполнялась тяжёлая, трудоёмкая работа. Дорогой ценой давалась победа над природой.



Тяжёл был труд строителей дорог прошлого

«...Многие — в страшной борьбе,  
К жизни возвзвав эти дебри бесплодные,  
Гроб обрели здесь себе.  
Прямо дороженька: насыпи узкие,  
Столбики, рельсы, мосты.  
А по бокам-то всё косточки русские...  
Сколько их!..»

Так писал о строителях Николаевской (ныне Октябрьской) железной дороги великий русский поэт-демократ Николай Алексеевич Некрасов, вкладывая в их уста грустную песню.

«Мы надрывались под зноем, под холодом,  
С вечно согнутой спиной,  
Жили в землянках, боролися с голодом,  
Мёрзли и мокли, болели цынгой.  
Грабили нас грамотеи-десятники,  
Секло начальство, давила нужда...  
Всё претерпели мы, божий ратники,  
Мирные дети труда!»

И долгие годы продолжалось так. Вручную возводили земляное полотно, вручную разносили по земляному полотну шпалы, укладывая их по натянутому шнурку. На шпалы с пением «Дубинушки» укладывали рельсы.

А теперь? Теперь место лопаты и лома заняли экскаваторы, гидромониторы, землесосы, бульдозеры, балласти-

ровочные машины, подъёмные и путеукладочные краны и десятки других машин. При возведении сооружений будущей магистрали говорит своё веское слово механизация — решающая сила, без которой невозможно выдержать ни наших темпов, ни масштабов производства.

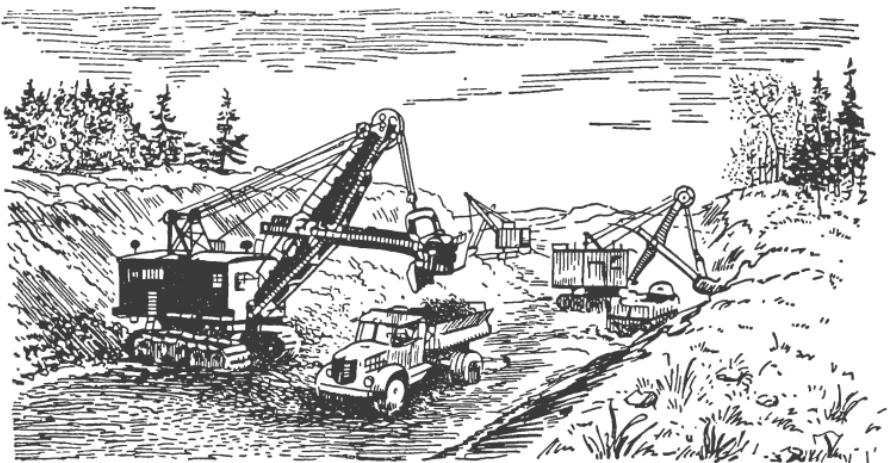
Строительство дороги начинается с земляных работ. Сооружение насыпей и выемок земляного полотна — очень трудоёмкая работа. Именно здесь и открывается наиболее широкое поле для применения новейших достижений техники, резко ускоряющих производственные процессы и облегчающих труд людей.

Проектируя сооружение полотна, инженеры ведут расчёты, составляя баланс земляных работ. Насыпи и выемки в этих расчётах подобны приходу и расходу. Грунт, выбираемый в будущей выемке, перемещают туда, где воздвигается насыпь (разумеется, если она не очень отдалена от выемки и если грунт по своим качествам пригоден как строительный материал). Если же выемки удалены от насыпей, то такое перемещение грунта в них обойдётся слишком дорого. В этих случаях его вывозят в сторону от линии, отсыпая в отлогие насыпи — кавальеры, а грунт для насыпей берут сбоку от них, из так называемых резервов.

Много времени и труда при земляных работах экономит взрыв.

В 1933 году строители железной дороги Кангауз — Сучан пробивали выемку через Бархатный перевал. Скальные грунты извлекать было очень трудно, и тогда взялись за работу подрывники. Они заложили в грунт 257 тонн взрывчатки. Страшный грохот многоголосым эхом прокатился в горах. В течение нескольких секунд 93 000 кубических метров грунта взлетели на воздух. Строителям дороги открылась возможность прокладки пути.

Этот взрыв был долгое время рекордным по своим масштабам. Но сейчас он уже далеко превзойдён. В марте 1949 года 1 004 тонны взрывчатых веществ, заложенные рядами в грунт, выбросили 220 000 кубических метров породы. И вот что интересно. Гигантская сила взрывной волны (совершив работу, равную по существу небольшому землетрясению) не вызвала опасных разрушений вокруг зоны взрыва. В результате исследований советских учёных удалось использовать силу взрыва, не создавая при этом сейсмически опасных зон.



Большую часть земляных работ выполняют экскаваторы

Большую часть земляных работ выполняют экскаваторы. Круг их возможностей очень обширен — от корчёвки пней и кончая трамбовкой грунта свежеотсыпанной насыпи.

В железнодорожном строительстве используются экскаваторы самых различных размеров, начиная от «малюток» с ковшами в четверть кубометра и кончая многокубовыми гигантами. Тысячи кубометров грунта выбрасывают они, повинуясь нажатию кнопок и поворотам рукояток управления.

Рядом с экскаваторами действуют и другие землеройные машины. Строителю недавнего прошлого был привычен облик конного скрепера: лошадь тянула за собой металлический совок — волокушу, набиравший всего одну десятую кубометра грунта. Нынешние машины этого типа одновременно похожи и непохожи на своего прародителя. Сходны с ним потому, что принцип их работы остался без изменений, и отличны тем, что ёмкость современных скреперов измеряется уже не десятыми долями, а десятками кубометров.

Разве можно сравнить с конной волокушей пятнадцатикубовый тракторный скрепер, который работает более чем в 150 раз производительнее? Тысячу землекопов с тачками пришлось бы поставить на участке, чтобы выполнить работу, с которой легко справляется эта простая и поворотливая машина.

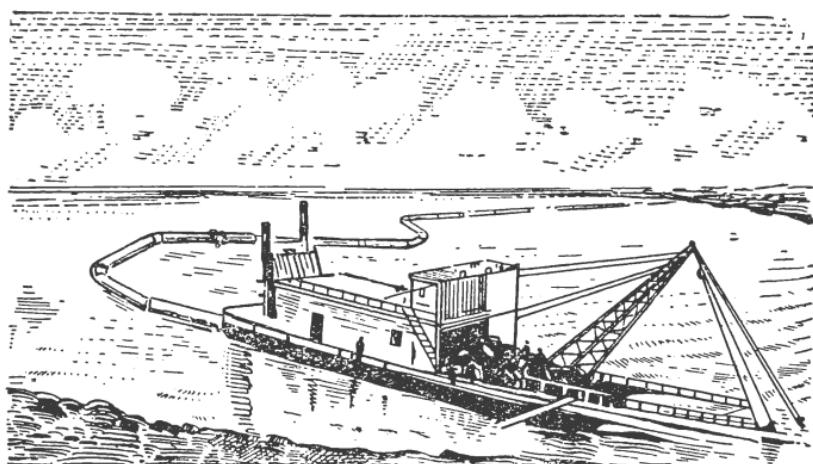
Решая вопрос о земляных работах, проектировщик находит место и взрыву, и землеройным машинам, и гидромеханизмам.

Трудно, как будто бы, сравнивать друг с другом силы воды и взрыва и всё же, если попытаться провести это сравнение, то окажется, что сила воды при мягких грунтах не уступает взрыву.

Гидромеханизация позволяет не только разрабатывать, но перемещать и укладывать грунт на место назначения. Сильные струи воды режут землю, разрыхляют её, превращая в жидкую кашицеобразную массу — пульпу. О возможности использовать работу водяных струй писал более ста лет назад инженер П. П. Мельников. «Водомёты», о которых он мечтал, в ту пору казались диковинками. Сейчас гидромониторы стали обычным оружием советских строителей.

Превратив грунт в пульпу, гидромониторы приготовили пищу землесосам, которые по трубам гонят её к месту будущей насыпи. Когда сбежит вода, земля ляжет плотной массой, возвышаясь над низменными участками местности.

Но бывает и так, что для насыпи решают взять грунт не из выемки или резерва, а со дна ближайшего водоёма. И здесь землесос как нельзя лучше справляется с порученным делом.



Пловучие землесосные снаряды — наиболее производительные землеройные машины

Пловучие землесосные снаряды, или, как их обычно называют, земснаряды — самые производительные, самые мощные представители большого семейства землеройных машин. На несколько километров протягивается от такого снаряда трубопровод. По воде он проходит на понтонах, а затем по земле дотягивается до того места, где надо возводить насыпь.

Под воду от этого необычного корабля, как кулак на вытянутой руке, уходит фреза. Зашумел вращающий её мотор, и она спокойно и методично врезается в дно. Центробежный насос засасывает пульпу, направляя её к месту будущей насыпи.

У кормы земснаряда, к которому подключён трубопровод, видны две массивные вертикальные металлические трубы. Внимательный наблюдатель заметит, что из них никогда не выходит дым; он обнаружит также, что одна из труб всегда ниже другой, причём ниже то правая, то левая по очереди.

Трубы на корме земснаряда имеют совсем иное назначение, чем у обычновенных кораблей. Это — сваи. Они поочерёдно упираются в дно, и земснаряд «шагает» подобно циркулю-измерителю.

Возможности земснарядов очень велики. И об этом с большой убедительностью рассказывают цифры. Советский Союз выпускает самые мощные в мире землесосы. Каждый из них заменяет тысячи землекопов. Вот характеристика одной из таких машин: диаметр всасывающей трубы 950 миллиметров, мощность двигателей 4 800 киловатт, производительность 1 500 кубометров грунта в час — до 4 миллионов кубометров грунта в строительный сезон.

Если к характеристике этой замечательной машины добавить, что во многих случаях гидромеханизация обходится дешевле механизации работ при помощи экскаваторов, то становится совершенно понятным интерес, который проявляют к ней проектировщики.

### Стройка превращается в завод

План использования механизмов составлен, но у проектировщика ещё множество работы. Теперь его занимают проблемы индустриализации будущего строительства.

Индустриализация строительства! Инженеру старой царской России были бы просто непонятны эти привычные нам

сегодня слова, за которыми встаёт принципиально новый способ ведения работ, постепенно превращающий стройку в своеобразный гигантский завод, цехи которого отстоят друг от друга на сотни, а иногда и на тысячи километров.

По мере постепенного развития техники строительная площадка превращается лишь в место сборки и монтажа. Конструкции в готовом виде поступают с заводских предприятий, обслуживающих стройку.

Нарисуем картину, которая вчера казалась фантастичной, но абсолютно реальна сегодня и позволит нам ощутить грандиозные возможности индустриализации производства.

По недавно уложенному пути идёт необычный поезд. Он очень короток: паровоз и длинная платформа, которую локомотив толкает впереди себя. На платформе странного вида устройство — длинная балка с подвешенной к ней частью какого-то тяжёлого сооружения. Это многотонный подъёмный кран везёт к месту установки части моста, изготовленные на заводе и доставленные на ближайшую станцию по железной дороге.

Применяя сборные конструкции, строители получают важные преимущества в сравнении с обычными способами постройки железных дорог. Прежде всего выигрывает время и повышается качество работы.

Изготавливая конструкции на заводах, можно избавиться от необходимости сооружать на месте постройки многочисленные временные сооружения — бетонные заводы, насосные станции, склады цемента, щебня, песка, металлической арматуры...

И несмотря на явные преимущества, такой метод мостостроения долгое время лимитировался одним обстоятельством, — сборные мосты удавалось изготавливать лишь из стали. Что же касается железобетона, для которого расход металла снижается в два-два с половиной раза, то здесь выступал враг конструктора — вес. В 1941 году шестнадцатиметровое пролётное строение из железобетона было в 10 раз тяжелее чисто металлического такой же длины.

Но советские инженеры настойчиво проводили разнообразнейшие исследования, пока не добились того, что железобетон в конструкциях сборных мостов стал рядом с металлом.

В совершенствовании индустриальных методов возведения мостов советская техника одержала ряд существенных побед. Вот, например, две цифры. 45 тонн поднимали

железнодорожные подъёмные краны всего лишь несколько лет назад и 120 тонн они могут поднимать сегодня. 120 тонн! Груз, для перевозки которого понадобилась бы колонна из 30 автомобилей ЗИС-150 — таковы возможности крана ГЭК-120, сконструированного советскими инженерами В. С. Толстым, С. В. Брыкиным и техником Я. Г. Криденцом, удостоенными за свою работу Сталинской премии.

Кран ГЭК-120 — это не только самый мощный, но и самый совершенный из числа тех, которые применяются в мировом мостостроении. Он прибывает к месту постройки в разобранном виде и всего лишь через полтора часа готов к действию. Все операции электрифицированы, позволяя механизму действовать с исключительной быстротой. И вот что интересно: обладая грандиозной грузоподъёмностью, кран ГЭК-120 укладывается в габариты, ограничивающие размеры подвижного состава, и давление на рельсы его колёс не превосходит давления колёс обычных локомотивов и вагонов.

О том, какими большими возможностями обладает кран-гигант, можно судить по тому, что, работая на одной из новостроек, он принёс в течение трёх месяцев экономию в миллион рублей. За этот период при помощи крана было воздвигнуто восемь мостов.

Индустриализация строительства — большое достижение советской техники. Но, перенося значительную часть работ со строительной площадки на заводы, инженеры одновременно не могли не подумать и о другой проблеме, весьма важной для обеспечения тех невиданных темпов, которыми ведётся строительство в советских условиях.

Ещё совсем недавно, проектируя организацию работ, приходилось изыскивать различные способы, чтобы ликвидировать сезонность строительных работ. В летние месяцы напряжение на стройке достигало максимума. В этот период она нуждалась в наибольшем количестве материалов, механизмов, рабочих. А на зиму всё замирало. Устранить эту неравномерность, расширить сезон интенсивных работ — означало резко сократить сроки строительства.

Потребовались напряжённые творческие искания, и теперь уже можно подводить первые итоги: бетонные работы, каменная кладка, оштукатуривание и даже земляные работы при условии строгого соблюдения технических правил успешно ведутся и зимой. А раньше это считалось невоз-

можным. Так в нашей стране решена проблема круглогодичного строительства железных дорог с широким применением индустриализации и механизации.

## Рельсы едут по рельсам

Одну за другой решает проектировщик проблемы организации работ на будущей стройке. Ему уже рисуется лента земляного полотна, то насыпями возвышающаяся над низменными местами, то уходящая в выемки. Земляное полотно возведено экскаваторами, землесосами, скреперами, гидромониторами. Его поверхность, как рубанком, выстругана ножами грейдеров и бульдозеров, утрамбована тяжёлыми катками.

Нивелировщики со своими инструментами ещё раз прошлись по трассе, проверяя точность строительных работ. Проектировщик видит, как красная линия, проведённая им на профиле, оживает в чеканно строгих формах земляного полотна.

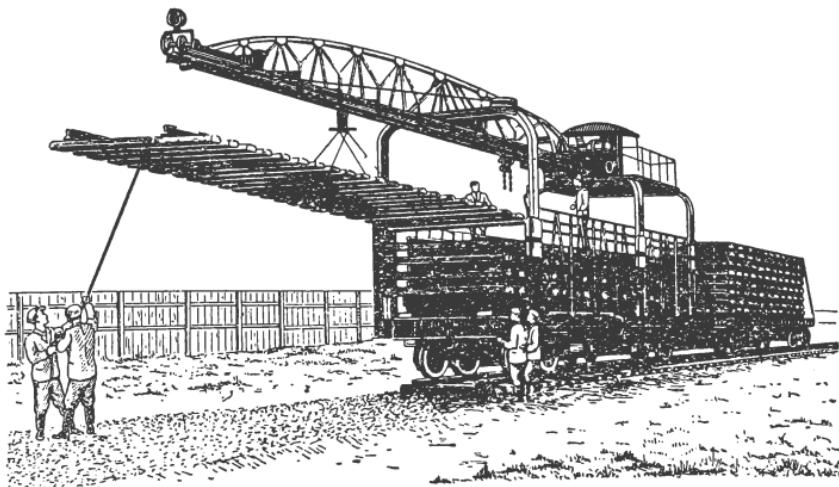
Теперь инженер намечает план работ по укладке пути, который спустя некоторое время станет законом для строителей. На трассу выйдут мощные путеукладочные машины. Целая плеяда изобретателей решала вопрос о том, как работать быстро, предельно облегчив труд людей, укладывающих рельсовый путь на земляное полотно. Создан целый ряд таких машин, но чаще всего для этой работы используется путеукладчик лауреата Сталинской премии инженера В. И. Платова. Звено<sup>1</sup> за звеном укладывает на землю такая машина, продвигаясь вперёд по свежепроложенному пути.

Проходит 8 часов. Сменяется экипаж путеукладчика. Позади остаётся до четырёх километров уложенного пути.

Вновь сооружённый путь пока лежит прямо на земле. По нему можно пропускать лишь рабочие поезда, да и то на самых малых скоростях, а задача инженера — поскорее поднять рельсовый путь на балласт и открыть по нему регулярное движение поездов. Вслед за укладчиками он посыпает на линию другие машины. Они идут колонной — одна за другой, выполняя сложный комплекс путевых работ.

Трижды проходит балластёр по каждому из участков пути. Первый проход — крылья дозирующего механизма,

<sup>1</sup> Звеном называют два рельса, прикреплённых к шпалам.



Путеукладчик Платова за работой

как стальные руки, загребают балласт, засыпая им путь. После этого машина идёт обратно. По дороге она поднимает путь над земляным основанием и, разравнив особой цепью балласт, опускает на него рельсы и шпалы. Третий проход балластёра — снова вперёд. Машина обкатывает путь, заполняет балластом промежутки между шпалами.

Балластёр движется всё дальше и дальше, а за ним идут люди, которые по нивелиру проверяют качество работы машины.

Но на этом не кончается труд строителей. Им предстоит сооружение станций и оборудование новой линии разнообразными устройствами и механизмами. Эту работу они ведут по рабочим чертежам, созданным проектировщиками.

А проектировщики покидают новостройку. Их ждёт другая, не менее интересная работа. Их ждут новые поиски, новые творческие волнения.



# Дороги твоей большой судьбы

## ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Около ста лет назад великий русский революционер-демократ Виссарион Григорьевич Белинский писал: «Завидуем внукам и правнукам нашим, которым суждено видеть Россию в 1940 году — стоящую во главе образованного мира, дающую законы и науке и искусству и принимающую благовейную дань уважения от всего просвещённого человечества...».

За многое принимает наша Родина «благовейную дань всего человечества»: за политику мира и созидания, за необычайный прогресс науки, техники, литературы и искусства.

Есть чему гордиться и советским железнодорожникам. Всего полвека назад американцы приходили как колонизаторы в отсталую Россию, а сегодня грузонапряжённость наших дорог вдвое превосходит американскую, в два раза большие расстояния, чем в США, ежесуточно пробегают советские грузовые вагоны, что же касается пассажирских перевозок, то в этом отношении ещё в 1941 году советский транспорт значительно превзошёл железные дороги США.

Советский Союз охотно помогает нашим друзьям в странах народной демократии. Газеты часто сообщают о том, как с помощью советских инженеров в Польше, Венгрии, Чехословакии, Румынии, Китае восстанавливаются и соружаются железные дороги.

Рассказывая о помощи советских инженеров, китайская печать пишет, что советские специалисты помогли разрешить целый ряд технических проблем, применяя свой передовой опыт в соответствии с конкретными местными условиями.

Неуклонно прогрессирует советский транспорт и столь же неуклонно разлагается транспорт капиталистический, и если за последние три десятилетия мы построили десятки тысяч километров железных дорог, то американцы за то же время разобрали тысячи «нерентабельных» километров путей. Это выгодно автомобильным королям, что же касается простых людей, то об этом в США не принято думать. Таковы факты, а факты, как известно, упрямая вещь.

В самых различных уголках советской страны с увлечением трудятся изыскатели железных дорог. Много препятствий встречается на их пути. Приходится пробираться через леса и болота, взбираться на горы, пересекать полноводные водотоки, но мысли о Родине окрыляют их, помогая побеждать трудности.

Благодаря постоянному вниманию и заботе Коммунистической партии и Советского правительства наш железнодорожный транспорт непрерывно развивается. В этом заслуга всех работающих на нём людей.

Советский Союз — великая железнодорожная держава, и тот, кто пожелает вступить в ряды советских железнодорожников, должен помнить о великой чести работать на транспорте.

Необычайны возможности, открывающиеся перед советскими юношами и девушками, многообразны дороги их большой светлой судьбы. Родине нужны конструкторы машин и биологи, физики и врачи, историки и изыскатели стальных магистралей...

Только об одной из многочисленных профессий рассказывается в этой книге. Прочитав ещё несколько строк, вы закроете её. Но независимо от того, привлечёт ли вас к себе живая, творческая специальность изыскателя-проектировщика или же вы решите овладеть какой-то другой профессией, помните о том, что является общим, обязательным для людей, желающих работать во всех областях науки и техники.

Работа в коллективе, широкий кругозор в научно-технических воззрениях, высокая принципиальность, неутомимые поиски нового, неугасимая любовь к своей профессии — вот качества, которые хотят увидеть у нашей молодёжи люди старшего поколения советской науки.

«Овладевай всей широтой человеческих знаний, не замыкаясь в одной узкой специальности, — вот первое, что я

хочу тебе посоветовать, — писал в 1953 г. академик Н. Д. Зелинский, обращаясь к советскому молодому человеку, — никогда не считай, что ты знаешь всё, что тебе уже больше нечему учиться. Я учился всю жизнь, продолжаю учиться сейчас, буду учиться, пока будет хватать на это моих сил».

«Умей работать в коллективе. Уметь работать в коллективе — значит быть принципиальным, уметь всегда предпочесть большие задачи коллектива своим личным...».

И вот эти замечательные высказывания должен хорошо продумать каждый молодой человек, выбирая свой жизненный путь, путь творческих поисков нового, путь неутомимой работы на благо всего многомиллионного советского народа.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие . . . . .	3
Страницы истории (вместо введения) . . . . .	6
<i>Глава первая</i>	
<b>Стране нужны дороги</b>	
Пути к сокровищам земли . . . . .	15
Какой транспорт избрать? . . . . .	19
Дорога, которой пока ещё нет . . . . .	23
Проектирование началось . . . . .	29
От проектного задания к рабочим чертежам . . . . .	32
<i>Глава вторая</i>	
<b>Инженеры-разведчики</b>	
Линии на карте . . . . .	35
Разведка с воздуха . . . . .	38
Пешком по трассе будущей дороги . . . . .	44
Трасса перекидывается через поток . . . . .	51
Геодезические автоматы . . . . .	53
<i>Глава третья</i>	
<b>Изыскания продолжаются</b>	
Наперерез горного хребта . . . . .	59
Опасности преодолимы . . . . .	64
<i>Глава четвёртая</i>	
<b>На трассе второго варианта</b>	
Доводы за обход . . . . .	69
Там, где царит вечная мерзлота . . . . .	71
Дорога на болоте . . . . .	72
Опасности подземного мира . . . . .	74
Характер реки . . . . .	79
Борьба с водой и снегом . . . . .	84

*Глава пятая***Партия номер три**

Проектировщикам дорог помогает астрономия . . . . .	89
Через песчаное море . . . . .	92

*Глава шестая***Вновь за проектирование**

Повороты на трассе . . . . .	96
Чёрная и красная линии . . . . .	98
Электричество ведёт поезда . . . . .	105
Электростанция на локомотиве . . . . .	110
Спор вариантов . . . . .	112

*Глава седьмая***Дорога в действии**

О людях и машинах . . . . .	116
Арифметика движения поездов . . . . .	121
Большой конвейер . . . . .	127
На «фабрике маршрутов» . . . . .	129

*Глава восьмая***Проект строителям**

Подготовка к наступлению машин . . . . .	134
Стройка превращается в завод . . . . .	139
Рельсы едут по рельсам . . . . .	142

**Дороги твоей большой судьбы (вместо заключения) . . 144**

**Обложка и заставки художника И. И. Старосельского**  
**Технический редактор Г. П. Верина**

Сдано в набор 17/XI 1953 г. Подп. к печ. 28/IV 1954 г. Бумага 84×108<sup>1/82</sup>.  
 Бумажных листов 2<sup>8/16</sup>. Печатных листов 7,60. Уч.-изд. листов 7,63  
 Тираж 10 000 экз. Т 03341. ЖДИЗ 35 812. Заказ 1789.  
 Цена без переплёта 2 р. 70 к. Переплёт 1 р.

3070<sub>к</sub>

• М. С. АРМАЗОРОВ • В ПОИСКАХ НОВЫХ ДОРОГ

\*