

# МЕТРОСТРОЙ

2

1976

ИНФОРМАЦИОННЫЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
СБОРНИК

№ 2

«МЕТРОСТРОЙ»

1976 г.

Е. Д. РЕЗНИЧЕНКО (редактор), А. С. БАКУЛИН, П. А. ВАСЮКОВ, С. Н. ВЛАСОВ, А. Ф. ДЕНИЩЕНКО, В. М. КАПУСТИН, Ю. А. КОШЕЛЕВ, А. С. ЛУГОВЦОВ, В. Л. МАКОВСКИЙ, Б. П. ПАЧУЛИЯ, С. А. ПОНОМАРЕНКО, В. И. РАЗМЕРОВ, П. А. РУСАКОВ, А. И. СЕМЕНОВ, В. В. ЯКОБС, И. М. ЯКОБСОН

Издательство «Московская правда»

Адрес редакции:  
Москва 103012 ул. Куйбышева, д. 3,  
комн. 11, тел. 228-16-71.

Технический редактор А. Милюевский.

Л64946 Сдано в набор 10/II—76 г.

Подписано к печати 12/III—76 г.

Объем 4 п. л.

Тир. 5000

Бумага тифдручная 60×90<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.

Зак. 557

Цена 30 коп.

Типография изд-ва «Московская правда»

## В НОМЕРЕ

- Ю. Кошелев. Пятилетка высокой эффективности и качества . . . . . 1
- П. Новожилов. Ответим самоотверженным трудом. 3
- В. Гоциридзе. Тбилтоннельстрой в первом году X пятилетки. . . . . 5
- Л. Шагурина. Станции продлеваемого Рижского радиуса. . . . . 7
- Сегодня и завтра Пражского метро. . . . . 8
- А. Захаревский, А. Зиньковская. О технико-экономическом обосновании строительства метрополитена. . . . . 9
- Д. Голицинский, Г. Федоров. Крепление выработок набрызг-бетоном. . . . . 12
- Л. Арутюнов, А. Курисько. Унифицированная обделка с плоским лотком. . . . . 15
- В. Рогонский, В. Гуляев, В. Чернаков. Эффективность выпуска сборного железобетона. . . . . 16
- В. Пушкин. Предельные глубины заложения обжатых обделок в песках . . . . . 17
- Ф. Скуйбин, Н. Алешин, В. Нелюбов, В. Лернер. Применение ультразвука для изучения свойств грунтов. . . . . 18
- В. Артамонов. Защита от коррозии сооружений метрополитена. . . . . 19
- И. Хлебников. Проектирование и контроль электрообеспечения . . . . . 21
- О. Ершков, В. Карцев, В. Петрова, Б. Павлов. Увеличение нормы непогашенного ускорения движения вагонов. . . . . 22
- М. Закс. Повышение скорости движения поездов на криволинейных участках пути. . . . . 24
- Е. Демешко, Л. Савельев. Новая конструкция уплотнения гидроцилиндров. . . . . 25
- В. Кириллов, Х. Пейрик. Нержавеющие стали и алюминиевые сплавы в вагонах метро. . . . . 27
- Г. Болоненков. Экспресс-метрополитены. . . . . 29
- Пестрые факты. . . . . 32

# ПЯТИЛЕТКА ВЫСОКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И КАЧЕСТВА



Наш корреспондент попросил начальника Метростроя, делегата XXV съезда КПСС тов. Ю. А. Кошелева поделиться своими впечатлениями о работе съезда и рассказать о делах и планах коллектива Московского Метростроя.

В обстановке высокого подъема, политической и трудовой активности советских людей завершился свою работу XXV съезд нашей ленинской партии.

Прежде всего хочется отметить, что и сейчас мы, делегаты съезда, весь наш народ, находимся под глубоким впечатлением отчетного доклада Леонида Ильича Брежнева, в котором был дан марксистско-ленинский анализ внутренней и внешней политики партии,

поставлены задачи дальнейшего продвижения нашей Родины к коммунизму.

Итоги проделанного, перспективы развития нашего государства в десятой пятилетке и в последующие годы, изложенные в докладе, придают советским людям огромные силы, зовут их на новые трудовые свершения.

В обстановке приподнятости и монолитности единства делегаты съезда и зарубежные гости горячо одобряли и поддерживали выводы, положения и поставленные Л. И. Брежневым задачи в отчетном докладе.

XXV съезд — яркий незабываемый этап на пути развернутого строительства коммунизма в нашей стране.

В докладе Председателя Совета Министров СССР А. Н. Косыгина «Основные направления развития народного хозяйства на 1976—1980 годы» было показано, какими высокими и устойчивыми темпами развивалась экономика страны в минувшем пятилетии. На 43 процента увеличился объем промышленной продукции, причем 84 процента этого прироста — результат повышения производительности труда. В этих данных выражены и огромный научно-технический прогресс, достигнутый в развитии индустрии социализма, и рост творческой инициативы трудящихся.

Новые планы партии становятся реальной действительностью; на съезде партии они получили

единодушное одобрение и поддержку. Естественно, перед нами, строителями, поставлены новые большие задачи. Предстоит добиться резкого повышения эффективности и качества работы каждого трудящегося, каждого трудового коллектива, всемерного повышения технического уровня строительного производства.

В своем докладе товарищ Леонид Ильич Брежнев сказал: «Строить быстро, экономично и на современной технической основе — вот те слагаемые высокой эффективности в капитальном строительстве, и мы уверены, что многомиллионная армия строителей будет работать именно так».

Московские метростроевцы, как один из передовых отрядов советских строителей, на митингах и собраниях, посвященных итогам работы XXV съезда, заверяют партию, что решения съезда будут в десятой пятилетке успешно выполнены.

Коллектив Метростроя вступил в 1976 год — первый год 10-й пятилетки с высоким трудовым подъемом.

Трудно передать словами ту душевную взволнованность, которую переживают метростроевцы. Мы испытываем чувство огромного удовлетворения и радости от того, что с приветствием к метростроевцам и всем участникам строительства линий метрополитена в Москве обратился Генеральный секретарь Центрального Комитета нашей родной Комму-

нистической партии товарищ Леонид Ильич Брежнев. За досрочное выполнение пятилетнего плана и ввод в эксплуатацию новых линий Ждановско-Краснопресненского диаметра Метрострой награжден орденом Октябрьской Революции.

В 9-й пятилетке Московский Метрострой ввел в действие все без исключения объекты, предусмотренные планом и социалистическими обязательствами.

За пятилетие введено в действие 26,6 км новых линий метрополитена, произведена реконструкция Центрального пересадочного узла, станций «Дзержинская» и «Кировская».

Все объекты приняты государственными приемочными комиссиями с оценкой «отлично».

Сданы жилые дома с полезной площадью 144,4 тыс. м<sup>2</sup>.

Особенно напряженным был у метростроителей 1975 год, когда одновременно были введены в эксплуатацию две новых линии метрополитена.

С вводом в эксплуатацию новых линий создан самый протяженный Ждановско-Краснопресненский диаметр Московского метрополитена, который надежно связал удобный вид транспорта промышленные районы северо-западный и юго-восточной части города с центром.

В ответ на постановление ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ на Метрострое было развернуто массовое социалистическое соревнование.

Наши достижения за пятилетие и за 1975 год были бы невозможны без широко развернутого социалистического соревнования между бригадами, участками, хозяйственными единицами, без борьбы за звание ударников коммунистического труда, предприятий коммунистического труда.

Все коллективы напряженно работали по выполнению плана 1975 года и социалистических обязательств.

Хотелось бы отметить и коллективы СМУ № 7 и СМУ № 6, в сжатые сроки построившие в сложных градостроительных условиях станции «Кузнецкий мост» и «Пушкинская», и СМУ № 5, соорудившее тоннели под каналом им. Москвы и оказавшее

значительную помощь коллективам СМУ № 3 и СМУ № 8, и комсомольско-молодежный коллектив СМУ № 11, построивший свою первую станцию «Тушинская», и СМУ № 3, соорудившее односводчатую станцию «Сходненская», и коллектив СМУ № 10, выполнивший станцию «Планерная» и в сжатые сроки построивший депо «Планерная».

Небывало большие объемы в короткие сроки выполнили механизаторы СМУ № 9, монтажники СМУ № 4 со своими субподрядными организациями, путейцы ТО-6, отделочники Конторы спецработ, коллективы СУ № 701 и СУ № 702.

Этим коллективам эффективно помогли в выполнении поставленных задач работники Метроснабза, промышленных предприятий Метростроя, автобаз, Управления механизации, которое изготовило большое количество различного нестандартного оборудования и изделий.

Высокую оценку заслужили проектировщики, которые оперативно, вместе со строителями вовремя решали все возникающие вопросы.

Трудно здесь перечислить всех отличившихся работников, все они достойно отмечены как победители в социалистическом соревновании, как ударники коммунистического труда.

Хотелось бы назвать наиболее отличившихся рабочих. Среди них Агеев — бригадир электро-монтажников ТО-6, Нащин — бригадир изолирующих СМУ-3, Аксенов — электро-монтажник СМУ-4, Капкан — бригадир слесарей СМУ-5, Романов — бригадир проходчиков СМУ-6, Бакушкин — бригадир слесарей СМУ-7, Суханов — бригадир крепыльщиков СМУ-8, Хлопцов — водитель СМУ-9, Кирьянов — плотник-крепыльщик СМУ-10, Брунов — проходчик СМУ-11, Росляков — бетонщик СУ-701, Бугаков — плотник СУ-702, Киселев — слесарь-ремонтник Управления механизации, Степанов — шофер автобазы № 3, Овечкин — шофер автобазы № 4, Козлов — формовщик завода ЖБК Черкизово, Егоров — бри-

гадир слесарей завода ЖБК Очаково, Буторин — тракторист из Полохского Лестранхоза, Гуреев — токарь завода № 1, Шарипова — рамщица завода № 9, Парамонова — бригадир штукатуров КСР.

Следует назвать и отличившихся начальников участков это тт. Ненашев — СМУ № 7, Симандуев — СМУ № 6, Жигарев — ТО-6, Почуев — СМУ № 4. Горбунов — СМУ № 11, Дронов — СМУ № 10, Тищенко — СМУ № 5, Будаев — КСР, Манюков — СМУ № 3 и многие другие.

Касаясь вопроса снижения трудоемкости работ, Ю. А. Кошелев отмечает, что за пятилетие значительно увеличился парк машин Метростроя, стоимость основных строительных фондов возросла до 160 процентов, и изменился его качественный состав во всех областях работы: метростроении, промышленном и жилом строительстве, заводском производстве. Появилось более производительное, нового типа оборудование: электровибромолоты, гидропланировщики, станки с программным управлением, укладчики коротких участков и т. д.

У нас значительные резервы в использовании техники. Как показывают данные НИС за 1975 год, наибольшее количество потерянного времени по нашей основной технике составляют потери из-за неиспользования ее мощности, поломок и некачественных ремонтов.

Еще не высоки на Метрострое средние скорости проходки, которые ниже заложенных в проектах.

Большая задача, успешное выполнение которой потребует нового подхода к комплектованию и квалификации кадров, более высокой культуры производства и четкой организации работы механической службы — внедрение производительной механизированной проходки тоннелей при помощи механизированных щитов в полном объеме, предусмотренном проектами.

В решении XXV съезда партии отмечено, что за прошедшую пятилетку повысился технический уровень капитального строительства. Свой вклад в выполнение этой задачи внесли и метростро-

евцы. При строительстве Ждановско-Краснопресненской линии метрополитена разработаны и осуществлены новые конструкции станций «Пушкинская», «Кузнецкий мост» и «Сходненская», получившие высокую оценку пассажиров; впервые в практике метростроения были сооружены новыми методами участки тоннелей под каналами, значительно сократившими сроки строительства и обеспечившими экономию дефицитных материалов; освоен метод сооружения тоннелей из монолитно-прессованного бетона.

Разработан, применительно к московским условиям, метод проходки шахтных стволов в неустойчивых породах опускной крепью, в тиксотропной рубашке.

Перед коллективом Московского метростроя в 10-й пятилетке стоят сложные задачи по дальнейшему строительству новых линий метрополитена.

В 1978 году Метрострой должен сдать в эксплуатацию Рижский радиус протяженностью 8,3 км с четырьмя станциями и станцию «Шаболовская» Калужского радиуса;

в 1979 году — Калининский ра-

диус протяженностью 12 км с шестью станциями;

в 1979 году ввести в эксплуатацию станцию «Горьковская» Горьковско-Замоскворецкого диаметра;

развернуть работы на Серпуховском радиусе от станции «Добрынинская» до станции «Днепропетровская».

В 1976 году предстоит провести работы по освоению строительных площадок на Серпуховском радиусе и на станции «Шаболовская».

Дальнейшее распространение должно получить внедрение бригадного подряда по методу Злобина. Если раньше шел разговор об отдельных бригадах, то сейчас речь идет о том, чтобы повсеместно перейти к этой прогрессивной форме организации труда.

Одной из важных задач, стоящих перед коллективом Метростроя, является резкое повышение культуры труда.

Особое значение, говорит Ю. А. Кошелев, мы придаем внедрению новых механизмов. Только на Калининском радиусе предстоит ввести в эксплуатацию шесть механизированных щитов. Уже в этом году нужно развер-

нуть работы по сооружению наклонных ходов, вестибюлей и переходов. Задача заключается в тщательной инженерной подготовке работ по всем сооружениям. В 1978 году строительные конструкции на Калининском радиусе должны быть в основном закончены и представлены в распоряжение монтажников и отделочников.

Основные направления развития народного хозяйства на 1976—1980 годы, которые утверждены XXV съездом КПСС, предусматривают дальнейшее повышение индустриализации строительства, сокращение сроков и снижение стоимости строительства, широкое внедрение повышения степени механизации работ, малой механизации, механизированного инструмента.

Планы, намеченные коллективом Метростроя на 1976 год и на всю пятилетку в целом, напряжены, но реальны. Квалифицированные кадры метростроителей, материально-техническая база, накопленный богатый опыт метростроения, действенное социалистическое соревнование — вот те факторы, которые обеспечивают осуществление наших планов.

## ОТВЕТИМ САМООТВЕРЖЕННЫМ ТРУДОМ

**П. НОВОЖИЛОВ, бригадир проходчиков ТО № 6 Мосметростроя, Герой Социалистического Труда, делегат XXV съезда КПСС**



Мне довелось принимать участие в работе XXII конференции Московской городской организа-

ции КПСС. Выступивший на ней с докладом первый секретарь Московского городского комитета партии Виктор Васильевич Гришин уделил большое внимание дальнейшему развитию сети метрополитена в нашей столице. Десятая пятилетка будет для метростроевцев очень напряженной. Одновременно мы будем сооружать три радиуса метро — Рижский, Калининский и Серпуховский. В словах В. В. Гришина я почувствовал и высокую оценку труда метростроевцев, и высокую уверенность в наших будущих успехах.

На городской партийной конференции коммунисты избрали меня делегатом на XXV съезд нашей родной Коммунистической партии. И я считаю это самым радостным событием в моей жизни.

Вместе с тысячами тружеников нашей Родины я принимал участие в работе высшего форума партии.

С большим вниманием прослушали делегаты съезда доклад Генерального секретаря ЦК КПСС товарища Леонида Ильича Брежнева. Запомнились мне такие его слова: «Для того, чтобы успешно решать многообразные экономические и социальные задачи, стоящие перед страной, нет другого пути, кроме быстрого роста производительности труда, резкого повышения эффективности всего общественного производства. Упор на эффективность — и об этом приходится говорить вновь и вновь — важнейшая составная часть всей нашей экономической стратегии. И здесь большая роль принадлежит новой пятилетке —

недаром ее назвали пятилеткой эффективности и качества».

Леонид Ильич говорил, обращаясь ко всем советским людям. Но так же, как и каждому из делегатов, мне казалось, что он обращается ко мне, метростроевцу, ко всему нашему славному коллективу. И это от нас ждет Родина наивысшей производительности труда, полной отдачи сил и энергии.

Все мы пережили много радостных минут в конце прошлого года. Досрочная сдача центрального участка Ждановско-Краснопресненского диаметра с отличной оценкой! Приветственное письмо Генерального секретаря ЦК КПСС товарища Леонида Ильича Брежнева! Завершение второй очереди Краснопресненского радиуса тоже с отличной оценкой! Награждение Метростроя третьим орденом — орденом Октябрьской Революции!

Родина высоко оценила труд метростроевцев. И мы должны ответить на это самоотверженной работой в десятой пятилетке.

Леонид Ильич Брежнев сказал, что «единодушная поддержка коммунистами, всем советским народом экономической политики партии, ударный труд с первых же месяцев первого года новой пятилетки — важная предпосылка успешного выполнения очередного пятилетнего плана».

Вступил в свои права год 1976-й. И каждый из нас сразу окунулся в дела и заботы, которые он принес с собой. Коллектив Тоннельного отряда № 6, в котором я работаю, приступил к освоению новых строительных площадок. И я со своей бригадой пришел на новый участок Кали-

нинского радиуса. Здесь нам поручено соорудить часть перегонных тоннелей в сторону станции «Перово» и метровокзал.

Я работаю на Метрострое уже двадцать пять лет. Сооружал перегоны, станции. Начинал на «Фрунзенской». Потом были «Ленинские горы», «Кунцевская», «Молодежная», «Пролетарская», «Варшавская», «Беляево», «Колхозная»... Работал проходчиком, а вот уже двадцать лет возглавляю бригаду.

Еще недавно на «Беляево» у меня была опытная сильная бригада. И именно на этой станции мы поддержали почин зеленоградского строителя Николая Анатольевича Злобина и начали работать по бригадному подряду. Каждый понимал тогда, что впереди будет интересное и творческое дело, и каждый в нем должен быть заинтересован.

Заключили договор с администрацией на сооружение вспомогательных выработок на пусковой станции. Задание не из легких. Хотя бы потому, что здесь не используешь технику, много ручного труда.

Начали мы тогда с главного — с планирования работы. Составили график на весь цикл. Расписали его не только по месяцам, а и по неделям, по дням.

Смена на смену была не похожа. То успевали разработать лоток, выдать на-гора 20 вагонов породы, поставить кольцо и еще для завтрашнего дня подготовку сделать, а то не было порожняка и теряли по три часа рабочего времени. Но запомнилось, как сразу изменилось у всех в бригаде отношение к своим обязанностям. Раньше, если нет порожняка

ка — ушли бы домой. А тут после смены все вместе обсуждали, как изменить положение. Каждого это за живое задело. Появилось хозяйское отношение ко всему.

Когда мы начали работать по бригадному подряду, я сразу заметил, что улучшилось качество. Ведь каждый знал, что никто в забое кроме них не работает, и им за все отвечать. И не просто отвечать, а поддерживать марку своего коллектива.

В новой пятилетке надо шире развивать почин Злобина. Пусть больше бригад пробуют работать по методу бригадного подряда. Это мобилизует их, заставит и снабженцев подтянуться.

Очень важно, чтобы бригада проходчиков была комплексной. Чтобы каждый имел две, а то и три профессии. Это очень помогает в работе.

Сейчас моей старой опытной бригадой руководит Виктор Федорович Попков, мой бывший заместитель. А я принял новую, молодежную. У нее только начинается метростроевская биография. И станция «Перово» будет для молодых проходчиков первой.

Я рад, что ребята сразу же встретятся со сложной и интересной работой. Сейчас обучаю их вести монтаж. Пока закончим перегон и пойдем к станции, думаю, что каждый будет это уметь.

В дни съезда бригада отлично поработала. Я с гордостью за своих ребят могу сказать, что они сдержали свое слово. Ко дню открытия форума партии мы выполнили месячную норму — сделали 70 метров тоннеля! А до конца месяца — еще 10 метров!

# ТБИЛТОННЕЛЬСТРОЙ В первом году X пятилетки

В. ГОЦИРИДЗЕ, начальник Управления Тбилтоннельстроя

**КОЛЛЕКТИВ** Тбилтоннельстроя успешно завершил истекший год девятой пятилетки, выполнив годовой план строительно-монтажных работ за 10 месяцев (за 12 месяцев он составил 120%).

В 1975 г. при плане строительства 24 объекта фактически сдано 36 с оценкой «хорошо» (8) и «отлично» (28). Введено в эксплуатацию 13316 м<sup>2</sup> жилой площади вместо 6064 м<sup>2</sup> по плану; на год раньше срока завершено строительство автодорожных тоннелей в Тбилиси у Метехского плато; вошли в строй действующих Бершуетский гидротехнический тоннель, автодорожные тоннели в Хуневи и на дороге Бзыпи — Рица и др.

Особое внимание в текущем году должно быть уделено строительству участка линии метрополитена от «Вокзальной» до «Делиси» с сооружением ст. «Вокзальная»-пересадочная. В настоящее время на этой линии сдана под отделочные работы ст. «Комсомольская», заканчивается возведение односводчатых станций «Политехнический институт» (глубокого заложения) и «Делиси» (мелкого заложения), успешно сооружается ст. «Пр. Церетели» с предварительно напряженными колоннами высокой несущей способности (конструкции ЦНИИСа), а также перегонные тоннели глубокого заложения со сборной железобе-

тонной обделкой и мелкого заложения с пельносекционной обделкой. На всем протяжении участка мелкого заложения применяется метод искусственного водопонижения, а при сооружении наклонного хода и машинного помещения ст. «Пр. Церетели» — замораживание грунтов.

В сложных гидрогеологических и климатических условиях предстоит в текущем году соорудить автодорожные тоннели через Рокский и Рикотский перевалы. Первый тоннель длиной 3660 м свяжет круглогодично действующей автомобильной дорогой Юго-Осетинскую автономную область с Северо-Осетинской АССР, второй — длиной 1755 м прокладывается на трассе Хашури — Самтредия.

Начато сооружение железнодорожного тоннеля длиной 1026 м на перегоне Мцхета — ЗаГЭС.

Ведется строительство Ташикарского (длиной 2780 м) и Алгетского (517 м) гидротехнических тоннелей с помощью механизированных щитов ЩМР-3 диаметром 3,6 м и ТЩБ-3 диаметром 5,6 м.

Будет продолжено также жилищное строительство, сооружение подземных переходов, канализационных коллекторов, объектов сельского хозяйства и др.

---

## НАГРАДЫ ПОБЕДИТЕЛЯМ СОЦСОРЕВНОВАНИЯ — УЧАСТНИКАМ ВДНХ СССР

Н. ЧАШНИКОВ, зам. начальника технического отдела  
Главтоннельмостростроя

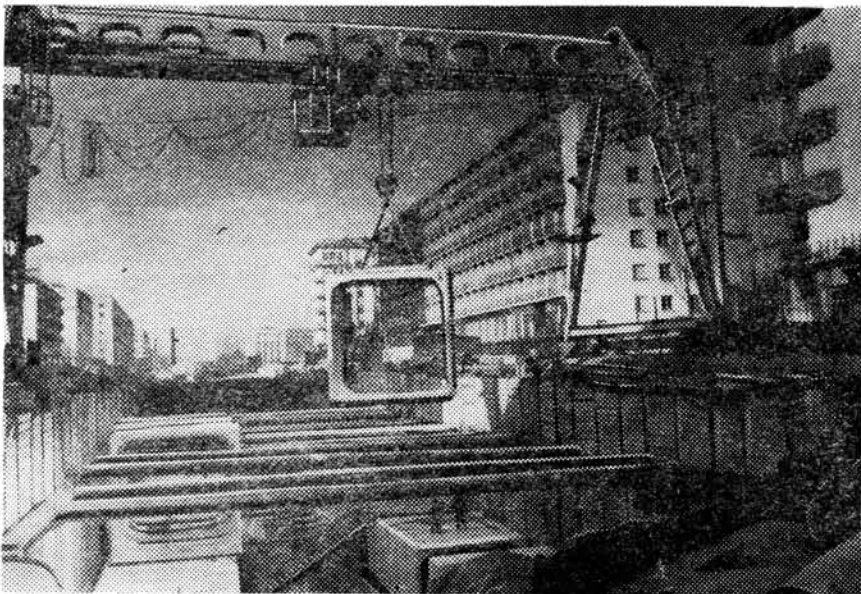
**В** СООТВЕТСТВИИ с постановлением Главного выставочного комитета, 22 декабря 1975 г. были награждены: Дипломом Почета с премией — автомашина «Москвич» — С. Романов, бригадир проходчиков Тоннельного отряда № 6 Мосметростроя — за внедрение нового гидроизоляционного материала — гидростеклоизола и оборудования для его наклейки. Применение новшества улучшает культуру производства, дает экономию трудозатрат на 1,2 чел.-дней на 100 м<sup>2</sup> площади и 7,2 руб на 100 м<sup>2</sup>. Достигнута годовая экономия 7300 чел.-дней. Коллектив бригады С. Романова наклеил 6000 м<sup>2</sup> гидроизоляции в тупиках станции «Беляево» и выполнил 18,9 годовых норм.

Дипломом I степени и автомашиной «РАФ»-977 ДМ отмечен проектно-изыскательный институт «Метрогипротранс» за разработку и внедрение конструкции станции глубокого заложения колонного типа «Кузнецкий мост», которая позволила увеличить ширину посадочных платформ и шаг колонн. При этом сокращаются расходы чугуна, стали, снижается стоимость строительства на 66 тыс. руб. на 1 пог. м станции. Брон-

зовыми медалями награждены участники ВДНХ — начальник участка Ш. Симандуев и маркшейдер Ю. Новожилов (СМУ-6), металлург Московского механического завода И. Иванов.

За разработку и внедрение конструкции плоского лотка станционных тоннелей круглого сечения с переходными железобетонными тубингами (ст. «Пушкинская»), кроме проектировщиков Метрогипротранса, отмечены серебряной медалью начальник СМУ-7 Ю. Павлов, бронзовыми медалями — начальник ПТО СМУ Б. Альперович, бригадиры проходчиков М. Титов и В. Кошельков. Сокращаются расходы чугуна на 960 т, лесоматериалов на 200 м<sup>3</sup>, трудозатраты на 2670 чел.-дней, снижается стоимость строительства на 75 тыс. руб. на 1 пог. м станции.

В дипломе отмечается участие Метрогипротранса во внедрении конструкции станции мелкого заложения с шагом колонн 6 м (ст. «Беговая»), уменьшаются трудозатраты и сокращаются сроки строительства.

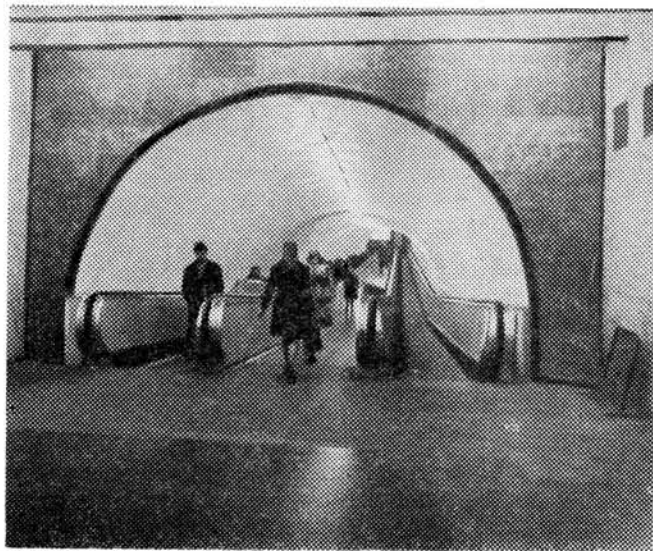


1

**Коллектив Тбилтоннельстроя вносит большой вклад в благоустройство и развитие столицы Грузии. Об этом свидетельствуют публикуемые фотоснимки.**

1. Сооружение перегонного тоннеля с цельносекционной обделкой.
2. Автодорожный тоннель с двумя лентами шоссе общей протяженностью 1600 м в Тбилиси, сооруженный коллективом СМП-213 Тбилтоннельстроя.
3. Подземный переход с движущимися тротуарами от ст. «Самгори» к Кахетинскому шоссе.
4. Бригада арматурщиков, руководимая заслуженным строителем Грузинской ССР А. Датишвили (крайний справа), сооружающая станцию «Делиси».
5. Перевыполнение трудового задания стало нормой для комсомольско-молодежной бригады электросварщиков, возглавляемой коммунистом Г. Циклаури. На снимке (слева направо): А. Джинчарадзе, Г. Циклаури и В. Голадзе.

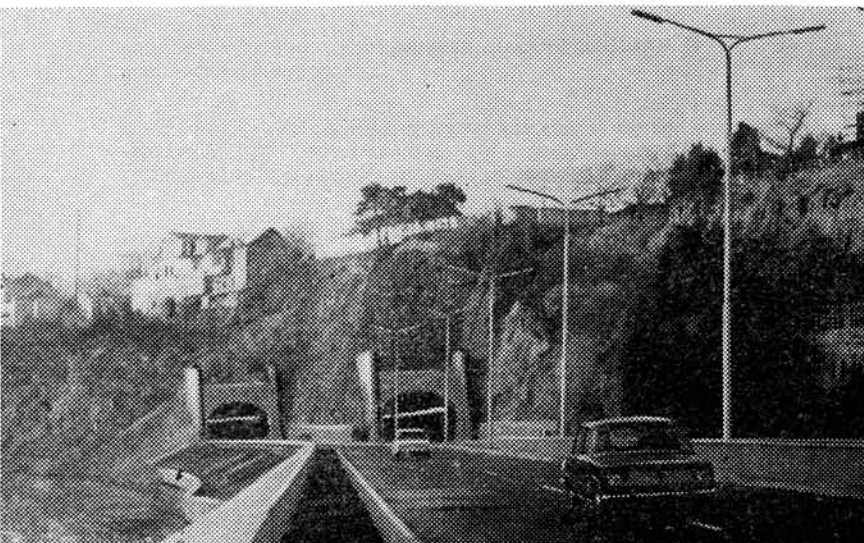
2



3



4



6



5



# СТАНЦИИ ПРОДЛЕВАЕМОГО РИЖСКОГО РАДИУСА

Л. ШАГУРИНА, архитектор

**Н**А ЛИНИИ «ВДНХ» — «Медведково» протяженностью 8,36 км будут сооружены четыре станции. Три из них колонного типа — «Ростокинская», «Свиблово» и «Медведковская» — их конструкция аналогична существующим станциям Московского метрополитена мелкого заложения.

Как решается архитектурное оформление этих станций, где они расположатся?

Первая станция — «Ростокинская» запроектирована рядом с малой окружной железнодорожной магистралью. Выход из подземного вестибюля в сторону Северной улицы ведет к новой жилой застройке. Второй вестибюль будет сооружаться наземным напротив будущего входа в главный ботанический сад Академии наук СССР. Поэтому мотивы архитектурного оформления станции и вестибюля посвящены природе. Потолки станции подшиваются анодированным под золото алюминием, образуя кессоны, в центре которых располагаются светильники. Это решение аналогично решению потолка в подземном вестибюле станции «Пушкинская», но будет выглядеть архитектурно более выгодно, так как большая высота и лучшая освещенность даст возможность видеть сооружение в перспективе.

Станция решена в светлых тонах, путевые стены и колонны облицованы мрамором, полы — гранитные.

Авторы — архитекторы Н. Демчинский, Ю. Колесникова. Скульптор З. Ветрова. Инженеры-конструкторы Л. Сачкова, Т. Процерова.

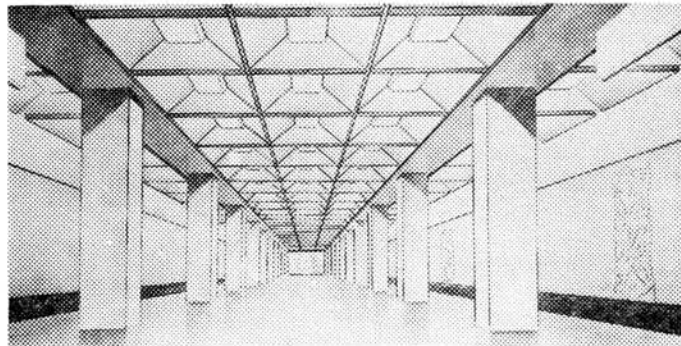
Следующая станция — «Свиблово» отразит интересную тему — Золотое кольцо городов, опоясывающих нашу столицу. На мозаичном фризе, завершающем белую мраморную путевую стену, размещаются гербы Загорска, Кинешмы, Вязников, Муром, Плеса, Рыбинска, Костромы, Углича, Ярославля, Гороховца, Коврова, Переяславля, Владимира, Александрова, Шун, Тутаева, Юрьев-Польского, Галича, Суздаля, Ростова-Великого. Гербы чередуются с геральдическими вставками на современную тему. Золотистый фриз сочетается с вертикальными золотистыми полосами на колоннах.

Вся эта тематика завершается гербом столицы, размещенным в подземном вестибюле, и схемой городов.

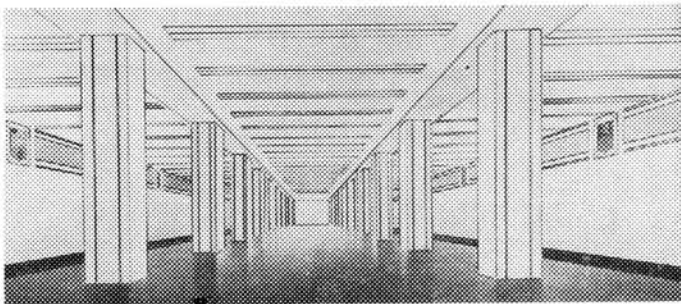
Станция расположена на пересечении Снежной улицы с проездом Русанова и улицей Амудсена.

Архитектор Р. Погребной. Инженеры-конструкторы Л. Сачкова, П. Васильев.

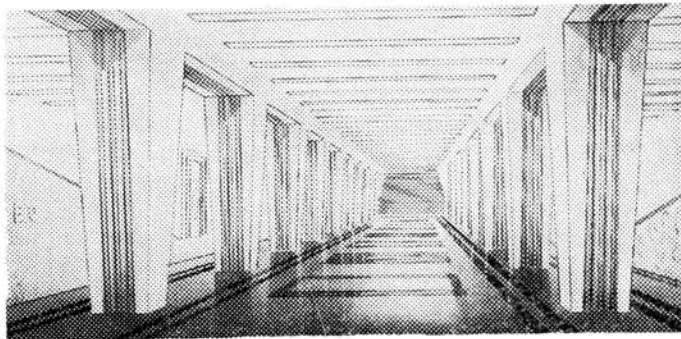
Станция «Бабушкинская» названа в честь летчика Бабушкина. Объемно-пространственно она решена односводчатой, по типу «Сходненской».



«Ростокинская»



«Свиблово»



«Медведковская»

Станция расположена на пересечении Енисейской улицы и улицы Менжинского. В торцах ее располагаются подземные вестибюли с необходимыми служебными помещениями. Входы расположены по обе стороны Енисейской улицы: из Северного вестибюля — по лестнице, из Южного — тремя эскалаторами.

Архитекторы — В. Клоков, Л. Попов. Инженеры-конструкторы П. Васильев, Е. Кобзева.

Тема станции «Медведковская» — природа Севера. Она найдет отражение в оформлении вестибюля и на путевых стенах.

Станция расположена на пересечении улиц Грекова и Широкой с двумя подземными вестибюлями по обеим сторонам Широкой улицы.

Архитектура станции решена в виде рамной конструкции, что позволяет сделать композицию более выразительной. Колонны облицовываются белым мрамором «коелга» с вертикальными вставками из анодированного алюминия под светлую бронзу, переходящую на низ прогона. Полы настилаются из гранита.

Архитекторы Н. Алешина, Н. Самойлова. Соавтор В. Волович. Инженеры-конструкторы В. Алтунин, О. Сергеев.

# СЕГОДНЯ И ЗАВТРА ПРАЖСКОГО МЕТРО

*Пражский метрополитен перевозит в сутки 185 тыс. пассажиров. Пражане полюбили метро и с нетерпением ждут открытия новых его линий. О ходе их строительства корреспонденту журнала «Метрострой» рассказал посетивший недавно Московский Метрострой главный партийный организатор строительства Пражского метро Богумил МОРАВЕЦ.*

**С** БОЛЬШИМ подъемом начали 6-ю пятилетку пражские метростроители. В этот период предусматривается освоить капиталовложений на 60% больше, чем в предстоящем пятилетии. В процессе строительства сейчас находится 14 станций и 13 км линий метрополитена; сооружается также центральный диспетчерский пункт метро и наземного городского транспорта.

Работы ведутся одновременно на трех участках линий IА, IIА и IIC. Станции глубокого заложения сооружаются с помощью советской техники — проходческих щитов, эректоров, погрузчиков. Под Влтавой в сложных гидрогеологических условиях работает советский механизированный щит с комплексом устройств для возведения монолитно-прессованной бетонной отделки. Однако в зоне нарушения сланцев проходка была приостановлена и была продолжена после укрепления грунтов так называемыми «микросваями» из нагнетаемых смол, извести и др.

Первый участок, который должен быть введен в эксплуатацию в III квартале 1978 года, пройдет от ст. «Ленина» до ст. «Площадь

мира» протяженностью 5,5 км с семью станциями. В этом году предусматривается завершить проходку станционных и эскалаторных тоннелей. Станции сооружены вчерне. Конструкции колонного и пилонного типов с комбинированной отделкой. Две станции — «Градчанская» и «Площадь мира» — выполняются полностью в железобетоне. Станция «Ленина» открытого способа работ. В ее отделке будут применены керамические крупные блоки, изготавливаемые специально для метростроя кирпичной промышленностью г. Брно. Для отделки станций глубокого заложения предусмотрено использовать алюминиевый лист. Разработан специальный несгораемый пластик для зонтов и контактного рельса.

Широким фронтом развернуты работы на линии IIC между станциями «Качеров» и «Космонавтов», идущей в район новой застройки, где одновременно с прокладкой трассы метро возводятся дома для 80 тыс. жителей.

Котлованы четырех станций мелкого заложения разрабатываются способами «стена в грунте», устрой-

ством буронабивных свай и открытым котлованом.

В ознаменование XV съезда КПЧ на строительстве Пражского метро широко развернулось соревнование трудящихся. В него включились 163 метростроевских бригады. Особо отличаются молодежные бригады, руководимые И. Пришибелом, Героем Социалистического Труда М. Литваком, И. Кожиняком и многие другие.

На участке линии IIА начинается сооружение трех станций полностью в железобетоне.

Наши дальнейшие перспективы — строительство первого участка трассы В и линии IIC — оба пересекают Влтаву. На одном из этих участков предполагается использовать опыт проходки под каналом имени Москвы. Над трассой тоннеля на дне Влтавы вместо ледогрунтовой плиты намечено укладывать специальные бетонные ограждения.

Тесное творческое сотрудничество между советскими и чехословацкими метростроителями продолжается. Ни один крупный технический шаг не предпринимается без участия советских специалистов.

# О ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ ОБОСНОВАНИИ СТРОИТЕЛЬСТВА МЕТРОПОЛИТЕНА

(В порядке обсуждения)

А. ЗАХАРЕВСКИЙ, А. ЗИНЬКОВСКАЯ, инженеры

В предлагаемой методике расчета основных технико-экономических показателей метрополитена сделана попытка более точно определить размеры эксплуатационных расходов и отразить в результатах экономических расчетов специфику проектируемого транспортного сооружения.

**ВЫПОЛНЯЕМЫЕ** в настоящее время технико-экономические обоснования строительства новых и развития действующих метрополитенов нашей страны базируются на различных методиках. Все они опираются на анализ отчетных данных отечественных метрополитенов, результаты расчетов существенно различаются, каждая из них заслуживает внимательного изучения и апробирования в конкретных проектах.

На стадии ТЭО в разделе «Экономика строительства» решаются следующие основные вопросы: расчет стоимости строительства, определение эксплуатационных расходов и финансовых результатов деятельности метрополитена и выбор оптимального варианта.

Сметную стоимость строительства метрополитена можно определить на основании аналогов (укрупненных показателей, разработанных Метрогипротрансом) и других источников.

Размер эксплуатационных расходов определяется по аналогии с отчетными данными действующих метрополитенов или расчетом по существующим методикам.

В практических расчетах Ленметропроекта используется «Методика экономической оценки вариантов при проектировании линий метрополитена на стадии ТЭО», выполненная Ленинградским инженерно-экономическим институтом им. П. Тольят-

ти и предназначенная в основном для сравнения вариантов участков мелкого и глубокого заложения. Расчет эксплуатационных расходов по статьям затрат основан на ряде эмпирических зависимостей, которые позволяют определить величину этих расходов в определенном интервале протяженностей линий метрополитена.

Предлагаемые зависимости не позволяют с достаточной степенью точности устанавливать для вновь проектируемых метрополитенов такие важные показатели, как численность обслуживающих работников и фонд зарплаты. Кроме того, при подсчете расхода электроэнергии на тягу не учитывается пробег подвижного состава, а затраты на электроэнергию для собственных нужд рекомендуется определять дифференцированно по видам оборудования, мощность которого на стадии ТЭО не устанавливается.

Эксплуатационные расходы на метрополитене в проекте комплексного развития транспортного узла можно ориентировочно оценить с помощью системы расходных норм\*, которые условно разделены на зависящие и не зависящие от объема работ с соответствующей корректировкой по уровню заработной платы и тарифов на электроэнергию.

Однако различие количественного и качественного уровня эксплуатации не позволяет определить с достаточной точностью технико-экономические показатели.

Предлагаемые нормы расходов учитывают затраты на содержание постоянных устройств с высоким пассажиропотоком (90—180 тыс. пассажиров на станции в сутки) и большим количеством эскалаторов.

Эксплуатационные расходы, рассчитанные по данной методике для условий Харьковского метро-

\* Методика технико-экономических расчетов при развитии транспортных узлов. М., «Транспорт», 1972.

политена (пассажирооборот станций 25—60 тыс. человек в сутки, отсутствие эскалаторов на большинстве станций мелкого заложения, меньший удельный вес стоимости подвижного состава в структуре основных фондов), занижены в 1,5 раза по сравнению с реально возможными. Между тем изменение эксплуатационных условий вызывает соответствующее качественное изменение нормативов затрат на обслуживание. Кроме того, в расчете расходов, зависящих от объема работы, не нашли отражения такие немаловажные факторы, как объем пассажироперевозок, дальность поездки, наполнение вагонов.

Данная методика не позволяет определить численность обслуживающего персонала — показатель, обязательный при технико-экономическом обосновании строительства метрополитена.

Анализ расчетной суммы эксплуатационных расходов по статьям затрат показал, что предлагаемая методика приводит к неоправданно заниженным суммарным затратам (см. таблицу).

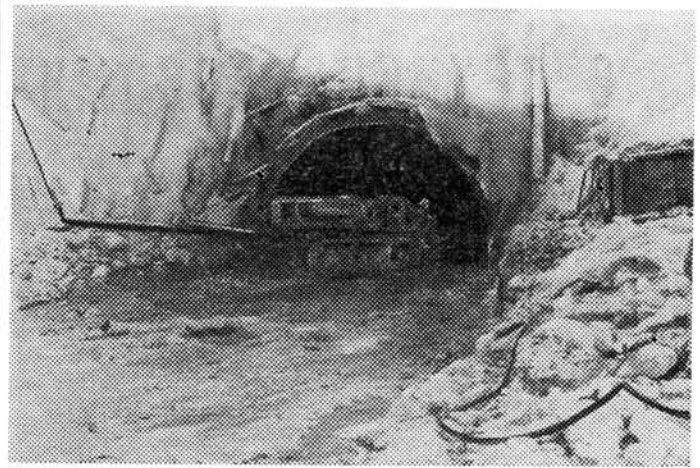
Таблица

Статьи эксплуатационных затрат	Расчетные данные для ТЭО метрополитена в Харькове			Отчетные данные отечественных метрополитенов за 1970 г.		
	по методике ИКТП	по методике Ленинградского метрополитена	по методике ТЭО Харьковского метрополитена	Москва	Ленинград	Киев
Зарботная плата . . . . .	96	168	187	202	190	155
Электроэнергия . . . . .	22	27	36	80	64	34
Амортизация и прочие затраты . . . . .	110	116	116	170	210	150
<b>Итого . . . . .</b>	<b>228</b>	<b>311</b>	<b>339</b>	<b>452</b>	<b>464</b>	<b>339</b>

Недавно утвержден проект «Технико-экономического обоснования развития линий метрополитена в Харькове», при разработке которого выявилась необходимость несколько трансформировать и дополнить имеющиеся методические материалы с тем, чтобы более полно и точно учесть не только характерные для Харькова состав и структуру основных фондов, объем и условия перевозки пассажиров, но и зависимость от этих факторов рентабельности работы метрополитена в динамике на различных этапах строительства от 1980 до 2000 года.

Эксплуатационные расходы в проекте определены по статьям затрат, принятым в статистической отчетности действующих отечественных метрополитенов: амортизационные отчисления, электроэнергия на тягу и собственные нужды, заработная плата и прочие затраты. Амортизационные отчисления определены прямым счетом по действующим «Нормам амортизационных отчислений по основным фондам народного хозяйства СССР» дифференцированно в процентах от сметной стоимости, предварительно сгруппированной по видам основных фондов:

$$A = \sum_{i=1}^n C_i \cdot a_i$$



На участке Тында — Берканист строящейся Байнало-Амурской магистрали началась проходка Нагорного тоннеля длиной 1,3 км. В настоящее время сооружается калоттная часть сечения тоннеля: обуривание забоя осуществляется самоходной буровой установкой СБУ-2М, уборка грунта породопогрузочной машиной ПНБ-3к, транспортировка породы автосамосвальными поездами МОАЗ. В качестве временного крепления применяются полигональные арки из двутавра № 21, 24 и клиновые анкеры. Для установки анкеров и заряджения забоя используется самоходный ползок СП-12 на базе МАЗа. На снимке: вид припортового участка со стороны южного портала Нагорного тоннеля.

Здесь  $C_i$  — сметная стоимость определенной группы основных фондов, тыс. руб.,  
 $a_i$  — соответствующий норматив амортизационных отчислений.

Подсчет затрат на электроэнергию для тяги поездов произведен с учетом объема перевозок при установленных размерах движения, количестве вагонов, их загрузки, средней дальности поездки пассажиров, действующего тарифа и удельного расхода электроэнергии для каждого этапа развития системы метрополитена. Этот расчет произведен по формуле

$$W_T = \left( \frac{2 \times n_b \times N \times L \times t}{K_0} \times Q + P \times l_{cp} \times P_n \right) \times \alpha \times \gamma,$$

- где  $n_b$  — количество вагонов в поезде (составность);  
 $N$  — среднесуточная частота движения, пар поездов/час;  
 $L$  — эксплуатационная длина проектируемой линии, км;  
 $t$  — время работы метрополитена, час в год;  
 $K_0$  — коэффициент, учитывающий «нулевой пробег»;  
 $Q$  — вес вагона без пассажиров, т;  
 $P$  — объем пассажироперевозок, человек в год;  
 $l_{cp}$  — средняя дальность поездки пассажира, км;  
 $P_n$  — средний вес пассажира, кг;  
 $\alpha$  — действующий тариф на электроэнергию, руб. за 1000 квт. ч;  
 $\gamma$  — удельный расход электроэнергии, квт. час/ткм (брутто).

Затраты на электроэнергию для прочих нужд ввиду их незначительного удельного веса в структуре эксплуатационных расходов определены по аналогии с отчетными данными отечественных метрополитенов в зависимости от количества и размеров станций:

$$W_{\text{пр}} = 1785 \times n_{\text{ст}} \times k_{\text{ст}} \times \alpha.$$

Здесь 1785 — среднегодовой расход электроэнергии на освещение и прочие собственные нужды, квт-час;

$n_{\text{ст}}$  — количество станций;

$k_{\text{ст}}$  — коэффициент, учитывающий длину станции и количество эскалаторов.

Для расчета фонда заработной платы приняты среднемесячная зарплата с начислениями и удельная численность эксплуатационных работников по отчетным данным метрополитенов.

При определении фонда зарплаты учитывалась тенденция ежегодного повышения среднемесячной заработной платы (2,5%) работников эксплуатации при соответствующем росте производительности труда (3,4%)\*.\*.

Годовой фонд зарплаты на год пуска проектируемой линии определяется по формуле

$$Z_{\text{г}} = 12 \times z_{\text{т}} \times L \times \chi_{\text{уд}} \times \frac{1 \times 0,025n}{1 + 0,034n} \times 10^{-3},$$

где  $z_{\text{т}}$  — среднемесячная зарплата одного работника в базисном году, руб.;

$n$  — число лет, прошедших от базисного года до года пуска проектируемой линии в эксплуатацию;

$\chi_{\text{уд}}$  — средняя удельная численность эксплуатационных работников на 1 км длины трассы по отчетным данным метрополитенов в базисном году, чел/км.

Анализ структуры эксплуатационных расходов отечественных метрополитенов показал, что суммарные затраты по этим статьям устойчиво в течение ряда лет составляют около 90% от общих расходов. Так условно определен коэффициент учета прочих затрат, равный 1,11.

Общие эксплуатационные расходы метрополитена устанавливаются по формуле

$$\mathcal{E} = (Z + W_{\text{т}} + W_{\text{пр}} + A) \times 1,11.$$

Следует отметить, что ни в одной из методик не разработана номенклатура качественных показателей, по которым с достаточной полнотой и достоверностью можно дать оценку уровня эксплуатации проектируемых линий в сравнении с действующими. Представляется целесообразным разбивка такой номенклатуры основных технико-экономических показателей на четыре основные группы:

характеристика линии (строительная и эксплуатационная длина линии и служебных веток, участков мелкого и глубокого заложения, количество станций, наклонных ходов и др.);

\*.\* По результатам анализа отчетных данных и исследований, проведенных ЛИЭИ им. Тольятти и Ленметропроектком.

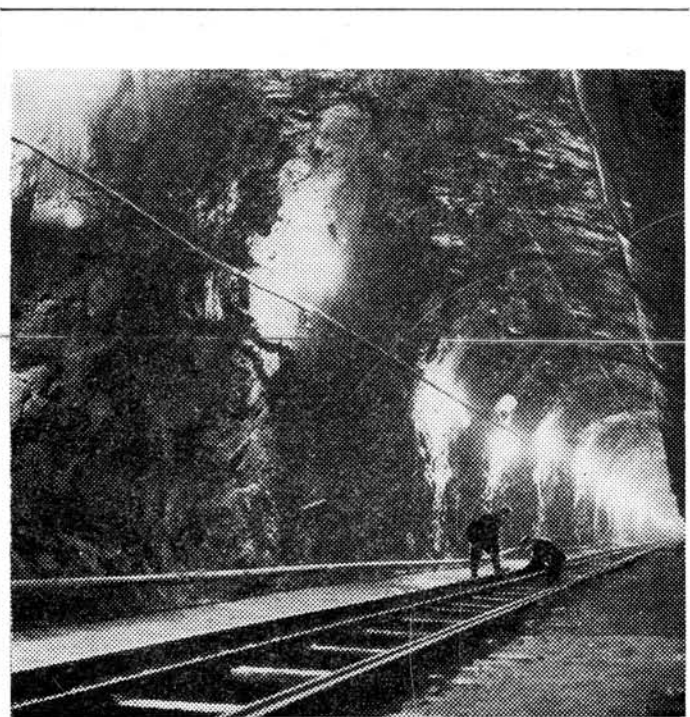
капитальные вложения (стоимость основных фондов в соответствии с их структурой и характеристикой линии);

пассажироперевозки (объем, выполненные пассажирокилометры, пассажиронапряженность и плотность, средняя нагрузка на станцию и дальность поездки пассажира, размеры движения и парка подвижного состава, населенность вагона, расход энергоресурсов, численность эксплуатационного персонала и производительность труда, скорость сообщения и др.);

эффективность капиталовложений и финансовые результаты деятельности (эксплуатационные расходы, себестоимость перевозки 1 пассажира, доход, накопления, рентабельность и срок окупаемости основных фондов).

Необходима дальнейшая проработка ТЭО с тем, чтобы прогнозируемые технико-экономические показатели наиболее полно и реально отражали действительный уровень строительства и эксплуатации каждого метрополитена.

Назрела необходимость перехода от установившихся в практике проектирования упрощенных способов расчета к научно обоснованным методам технико-экономического обоснования строительства линий метрополитенов. Только точный системный анализ позволит дать объективную оценку принимаемым решениям, обеспечит высокую надежность и обоснованность разрабатываемых проектов и оптимальность миллионных капитальных вложений в строительство метрополитена.



Расвумчоррский тоннель, сооруженный коллективом Ленметростроя для рудников комбината «Апатит».

# КРЕПЛЕНИЕ ВЫРАБОТОК НАБРЫЗГ-БЕТОНОМ

Д. ГОЛИЦЫНСКИЙ, канд. техн. наук;  
Г. ФЕДОРОВ, инженер

**Н**ЕСМОТРЯ на то, что основные горнопроходческие процессы строительства перегонных тоннелей и станций метрополитенов в значительной степени механизированы и обеспечены высокие скорости щитовой проходки, большое количество различных вспомогательных и служебных помещений — околоствольные выработки, вентсбойки, камеры и т. д. — возводятся горным способом с постановкой временного деревянного крепления, как правило, вручную. Наиболее велики затраты ручного труда — 85—90% — при возведении в таких выработках обделок из монолитного бетона.

Одним из наиболее перспективных направлений в области механизации бетонных работ при возведении обделок подземных сооружений является набрызг-бетон, который широко применяется при сооружении горных железнодорожных, автодорожных и гидротехнических тоннелей (в основном, в скальных породах).

При строительстве метрополитенов в Советском Союзе набрызг-бетон до настоящего времени практически не использовали, за исключением опытного участка перегонного тоннеля Тбилисского метрополитена (между станциями «300 арагвинцев» — «Исани») длиной 9 м, расположенного в чередующихся слоях аргиллитов и песчаников ( $f=5\div 6$ ). Участок был закреплен анкерами и набрызг-бетоном толщиной 10—15 см.

С целью проверки возможности и целесообразности применения набрызг-бетона в качестве обделки горных выработок, заложенных в слабых породах (протерозойские глины), на Ленметрострое с участием Ленметропроекта и ЛИИЖТа был организован опытный участок около станции «Академическая».

Основные характеристики протерозойских глин, в которых в основном сооружается Ленинградский метрополитен, следующие:

Влажность:	
естественная $W$	12—13%
объемная $W_0$	0,25
Коэффициент водонасыщения $g$	0,88—1
Объемный вес:	
структурный $\gamma$	2,2—2,3 г/см <sup>3</sup>
скелета $\delta$	1,95—2
Удельный вес $\Delta$	2,74
Пористость $p$	29%
Временное сопротивление сжатию $\sigma$	16—22 кгс/см <sup>2</sup>

Особенностью таких пород является отчетливо выраженная способность к набуханию, о чем свидетельствует высокая степень водонасыщения ( $g \leq 1$ ).

Опытную выработку длиной 8 м и сечением 10,9 м<sup>2</sup> (соответствует сечению типовой вентиляционной сбойки с обделкой из монолитного бетона) с обделкой из набрызг-бетона толщиной 10—15 см сооружали способом нижнего уступа с опережением верхней части на длину заходки 50 см\*.

\* В процессе проходки длина заходки изменялась от 40 до 60 см.

Как показали предварительные исследования статической работы набрызг-бетонной обделки, проведенные в ЛИИЖТе на моделях из эквивалентных материалов, работа такой крепи как несущей конструкции будет обеспечена только в том случае, если касательные усилия, возникающие на внешнем контуре конструкции, не превысят допускаемые сдвигающие усилия на контакте «обделка-порода». Для увеличения контакта набрызг-бетона с породой целесообразно устраивать специальные выступы («шпоры») по наружному контуру обделки на участках, где касательные усилия достигают наибольшего значения. В данном случае, с учетом принятого способа проходки, такие уширения были запроектированы по горизонтальному диаметру в пятах свода (рис. 1).

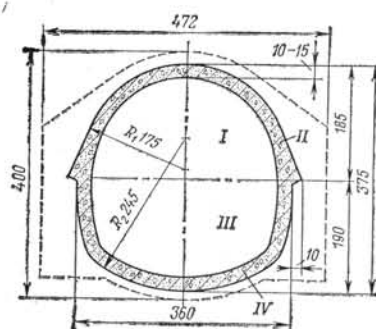


Рис. 1. Конструкции обделок вентиляционной сбойки из набрызг-бетона и монолитного бетона (пунктирная линия)

В соответствии с предложенной методикой принят следующий порядок производства работ.

В подходящем тоннеле соорудили из монолитного бетона раму проема, под защитой которой разрабатывали верхнюю часть сечения выработки I на величину заходки. После этого сразу же на поверхность свода наносили слой набрызг-бетона II толщиной 4—6 см (в пятах до 15 см) в направлении снизу вверх. Под защитой этой обделки разрабатывали нижнюю часть III выработки. Затем бетонировали стены и лоток набрызг-бетоном сразу на толщину 10 см—IV. После этого наносили второй слой набрызг-бетона на свод с доведением обделки до проектной толщины 10 см. Работы вела в одну смену бригада из трех человек. Лоб забоя крепили металлическими трубами с деревянной затяжкой, а в случае длительного перерыва (более суток) — набрызг-бетоном толщиной 2—3 см.

Для бетонирования применяли машину БМ-60, установленную в подходящем тоннеле, где также располагались емкости с песком и щебнем.

На основании расчета и пробных нанесений был установлен следующий состав набрызг-бетона на 1 м<sup>3</sup> сухой смеси: цемента 300 кг, щебня 353 кг, песка 826 кг. В качестве ускорителя твердения и схватывания использовали технический фтористый натрий NaF в количестве 3% от веса цемента, что

обеспечивало конец схватывания цементного теста в течение 5 мин. Цемент марки 400 производства завода им. Воровского доставляли к рабочему месту в вагонетках. Инертным заполнителем служила естественная песчано-гравийная смесь с фракциями до 200 мм и влажностью 5—6%.

Перед нанесением набрызг-бетона обирали породу, и поверхность выработки продували сжатым воздухом. Для контроля толщины слоя набрызг-бетона в наиболее характерных местах выработки устанавливали стальные маяки длиной 15 см.

Набрызг-бетон наносили вручную (рис. 2) при



Рис. 2. Нанесение набрызг-бетона

постоянном давлении воздуха в машине 1—1,2 ати, что обеспечивало высокое качество материала и минимальный отскок. При применении влажного заполнителя и соблюдении оптимальных параметров технологии, пыления практически не наблюдалось.

Для изучения статической работы набрызг-бетонной отделки проводили натурные исследования. По перименту выработки установили специальные датчики давления конструкции ЛИИЖТа для фиксации нормальной величины горного давления, а деформации отделки измеряли с помощью стальных струн с постоянным натяжением и индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 мм.

Прочность набрызг-бетона определяли как на образцах-кубах размером 10×10×10 см, выпиленных из специально изготовленных плит, так и молотком Шмидта (склерометром). При испытании образцов в семидневном возрасте прочность набрызг-бетона составила 236 кгс/см<sup>2</sup>, а в возрасте 28 суток — 301 кгс/см<sup>2</sup>. По большому числу измерений склерометром средняя прочность отделки оказалась равной 280—320 кгс/см<sup>2</sup> (большая величина соответствует прочности в своде).

Сцепление набрызг-бетона с протерозойской глиной определяли прибором НИИСП Госстроя УССР. Пробы отбирали компрессионными кольцами для испытания грунтов. Затем кольца помещали в прибор так, чтобы они открытой лицевой стороной были прижаты по контуру к отверстиям в панели. Далее на панель с образцами наносили набрызг-бе-

тон и после его схватывания динамометром определяли усилие отрыва породы от набрызг-бетона (рис. 3). Данные испытаний 36 образцов приведены в таблице.

Время испытания, ч	Величина сцепления, кгс/см <sup>2</sup>	Характер отрыва	Состояние породы перед испытанием
1 3 24 72	0,09 0,13 0,40 0,50	По бетону По бетону и частично по породе (22%) По породе То же	Не смоченная водой
1 3 24 72	0,08 0,11 0,36 0,43	По бетону По бетону и частично по породе (20%) По породе То же	Предварительно насыщенная водой
1 3 24 72	0,15 0,42 0,50 0,55	По бетону и частично по породе (25%) По бетону и породе (70%) По породе То же	Предварительно смоченная 50%-ным раствором жидкого стекла

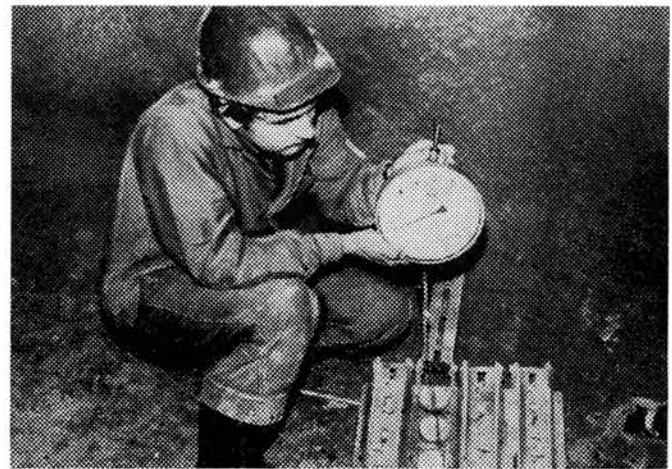


Рис. 3. Определение сцепления набрызг-бетона со слабой породой прибором НИИСПА

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что смачивание глинистой породы водой при нанесении набрызг-бетона уменьшает сцепление, поэтому не следует предварительно промывать породу, а набрызг-бетон желательнее наносить с минимальным количеством воды ( $V/C=0,30-0,35$ ). Смачивание глинистой породы 50%-ным раствором жидкого стекла несколько увеличивает сцепление, особенно в ранние сроки. Поэтому в случае необходимости повысить сцепление отделки из набрызг-бетона с породным основанием целесообразно применять жидкое стекло.

На этом же опытном участке провели исследование (с участием Оргинжстроя) возможности нанесения армированного набрызг-бетона (фибробрызг-бетона) с помощью однокамерной машины БМ-60. В качестве арматуры использовали стальные иголки-фибры длиной 25 мм и диаметром 0,5 мм. Для лучшего сцепления фибр с бетоном иголки изготовляли из стальной проволоки перио-

дического профиля. Такую арматуру вводили в сухую смесь, тщательно перемешивали и загружали в машину БМ-60. Расход игл-фибр составил 140 кг на 1 м<sup>3</sup> сухой смеси. В этом случае машина работала нормально, смесь проходила по материальному шлангу равномерно без задержек.

Увеличение расхода игл-фибр до 280 кг на 1 м<sup>3</sup> смеси привело к остановке машины. Наиболее трудоемким процессом оказалось перемешивание фибр с сухой смесью, поэтому в дальнейшем следует предусмотреть для этой цели специальные смесители механического действия. Фибронабрызг-бетоном был закреплен участок вертикальной поверхности (рис. 4) и изготовлены образцы.

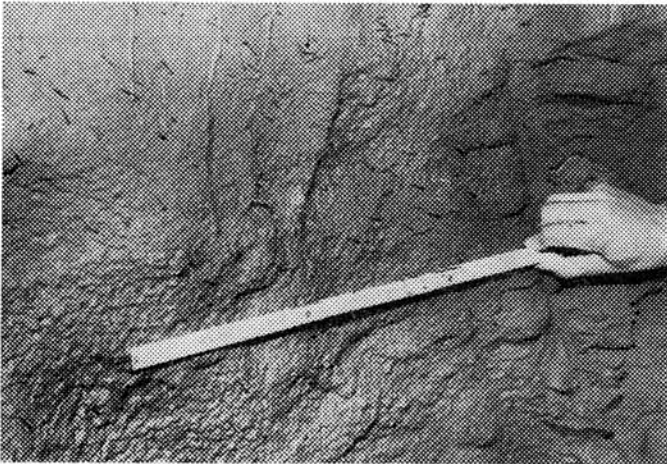


Рис. 4. Общий вид поверхности после нанесения первого слоя фибронабрызг-бетона

цов кубов (10×10×10 см) и балочек (10×10×40) в возрасте 28 суток показало, что дисперсное армирование набрызг-бетона увеличивает прочность материала на сжатие в 1,5 раза, а на растяжение с изгибом на 20%. Однако ввиду небольшого числа испытанных образцов (12) сделать окончательные выводы не представляется возможным.

Проведенный эксперимент подтвердил, что механизированным способом можно создавать конструкции из армированного набрызг-бетона.

В результате натуральных наблюдений в течение шести месяцев за обделкой из набрызг-бетона толщиной 10—15 см установлена надежность несущей конструкции и ее способность воспринимать значительные нагрузки от горного давления даже в таких слабых породах, как протерозойские глины. Эпюра нормального давления (рис. 5, а), полученная по данным замеров в шести точках сечения выработки, показывает, что нагрузка по периметру обделки располагается несколько неравномерно, причем максимальная величина — 3,86 кгс/см<sup>2</sup> приходится на верхнюю четверть свода. Такие значения горного давления зафиксированы в середине выработки (на расстоянии 4,5 м от рамы проема). В процессе работы было установлено, что покрытие из набрызг-бетона толщиной всего 2—3 см, нанесенное по всей поверхности выработки, предохра-

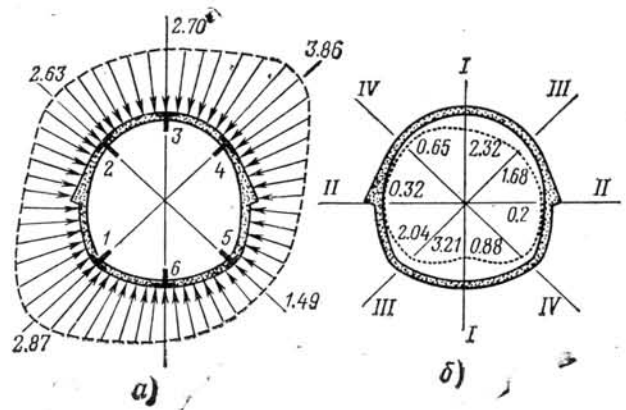


Рис. 5. Результаты натуральных исследований обделки из набрызг-бетона:

а — эпюра нормального давления, кгс/см<sup>2</sup>; б — деформации обделки, см

няет породу от подвижек и возможных вывалов лучше, чем традиционное деревянное крепление.

Тонкая обделка из набрызг-бетона при перераспределении напряжений в горной породе деформируется довольно значительно, особенно в процессе строительства до замыкания всей конструкции. После же возведения обратного свода обделка работает как кольцо, прочно связанное с окружающим горным массивом, благодаря быстрому твердению, замоноличиванию приконтурного слоя породы и хорошему сцеплению набрызг-бетона с основанием.

Деформации обделки (рис. 5, б), особенно в нижней части конструкции, привели к появлению трещин и поднятию обратного свода на 3,21 см. Такая величина была зафиксирована через два месяца после окончания бетонирования, т. е. в период наибольшего роста горного давления. По всей вероятности, образованию трещин способствовала также небольшая толщина обратного свода (8—10 см), некоторое отставание его возведения от верхнего свода и имевшее место обводнение лотка и породы в процессе производства.

Однако еще до начала работ было предусмотрено, что в случае трещинообразования необходимо дать время на перераспределение напряжений и деформации обделки, а затем усилить ее путем увеличения толщины. В связи с этим через две недели после появления трещин лоток был забетонирован, и толщина обратного свода доведена до 15—18 см. Это обеспечило в дальнейшем целостность покрытия и привело к стабилизации напряженного состояния всей конструкции.

По данным Ленметропроекта, стоимость 1 пог. м выработки (вентиляционной сбойки) с обделкой из монолитного бетона составила 872 руб., а из набрызг-бетона — 235 руб. Таким образом, получена экономия на выработку длиной 8 пог. м — 5096 руб., или 73%. Такой большой экономический эффект объясняется тем, что применение набрызг-бетона позволило значительно сократить поперечное сечение выработки (на 5,2 м<sup>2</sup>) за счет уменьшения толщины обделки (с 40—75 см до 10—15 см), отказаться от деревянного крепления и нагнетания растворов за конструкцию, а также уменьшить трудоемкость работ в 2,4 раза.



# УНИФИЦИРОВАННАЯ ОБДЕЛКА С ПЛОСКИМ ЛОТКОМ

Л. АРУТЮНОВ, начальник Армтоннельстроя;  
А. КУРИСЬКО, начальник отдела подземных сооружений  
Армгипротранса

**ТИПОВЫМ** проектом Метрогипротранса создана сборная унифицированная железобетонная обделка из элементов прямоугольного сечения с цилиндрическими продольными стыками без связей между кольцами. Обделка состоит из восьми блоков и выдерживает вертикальную нагрузку до  $40 \text{ т/м}^2$  и гидростатическое давление воды до 2 ати.

Для сборки обделки используют специальный блооукладчик. За обделку нагнетают цементный раствор, а швы между блоками заполняют быстротвердеющим уплотняющим составом (БУС) по ВСН-149-68 или расширяющимся цементом.

Такая конструкция обделки (рис. 1, а) до последнего времени применялась при строительстве перегонных тоннелей реконструируемой трамвайной сети в Ереване (подземный участок). Однако, учитывая, что проходка ведется не щитовым, а горным способом работ, Армгипротрансом и СМУ-160 было предложено заменить криволинейный лотковый блок плоским (рис. 1, б).

земных сооружений Армгипротранса. Конструкция блока показана на рис. 2.

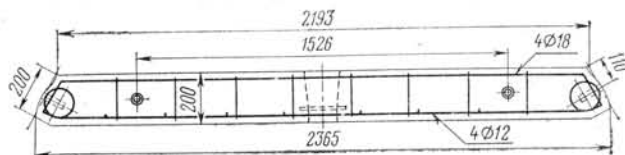


Рис. 2. Конструкция плоского лоткового блока

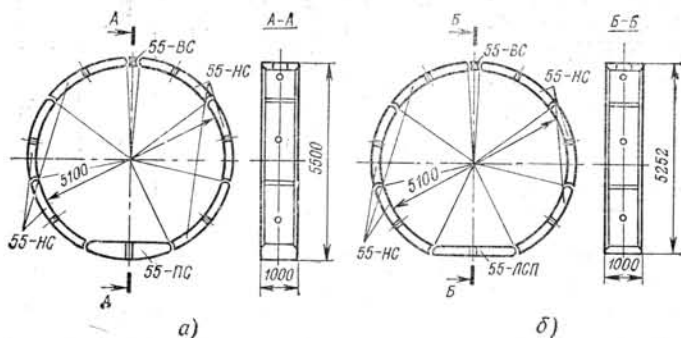


Рис. 1. Сборная железобетонная обделка:

а — унифицированная по типовому проекту Метрогипротранса с криволинейным лотковым блоком; б — то же с плоским лотковым блоком

Расчет, конструирование и условия применения обделки для пород с коэффициентом крепости по Протодьяконову  $f=2$  выполнены в отделении под-

Плоские блоки изготавливают в г. Кишлы Азербайджанской ССР. Переход от криволинейных на плоские блоки не вызывал особых осложнений.

Перегонные тоннели с плоским лотком сооружает СМУ-160 Армтоннельстроя.

Основные показатели обделок с плоским лотком и по типовому проекту приведены в таблице.

Наименование	Единица измерения	Обделка		Экономия	
		типовая	с плоским лотком	по объему	в %
Грунт	$\text{м}^3$	23,75	23,39	0,36	1,5
Сборный железобетон	.	3,69	3,33	0,36	10,8

Применение обделки с плоским лотком позволяет уменьшить объем железобетона и выемки грунта на  $720 \text{ м}^3$  на 1 км пути в двухпутном исчислении. Кроме того, при горном способе работ создание криволинейной поверхности лотка усложняет работы, особенно в скальных грунтах. Этого недостатка лишена обделка с плоским лотком. Затраты труда на разработку грунта в основании тоннеля уменьшаются. Общая экономия на 1 км тоннеля в двухпутном исчислении составляет 150 тыс. руб.

Учитывая значительную экономию, целесообразно разработать унифицированные обделки с плоским лотком для различных геологических условий.

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЫПУСКА СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

В. РОГОНСКИЙ, канд. техн. наук;  
В. ГУЛЯЕВ, В. ЧЕРНАКОВ, инженеры

● Системный подход к изучению технологии изготовления сборных железобетонных тубингов с привлечением математических методов позволяет эффективно управлять производством и принимать рациональные решения в соответствии с конкретной производственной ситуацией.

● Оптимальный план обеспечивает полную ритмичность производства тубингов при максимальной загрузке оборудования. Рентабельность при этом повышается более чем на 10%, а затраты на рубль товарной продукции уменьшаются на 13%.

● Разработанный алгоритм расчета позволяет наиболее быстро координировать перерасчет заводского плана применительно к различным производственным требованиям и текущему планированию.

были использованы для расчета на ЭВМ, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Тип тубинга	Себестоимость 1 м <sup>3</sup> , руб	Отпускная цена, руб	Трудоёмкость, чел-ч	Выработка на 1 чел-день
5 НСК-4а	77,07	93,36	7,52	1,06
5,5	74,77	107,09	6,67	1,20
7,88	74,25	116,71	5,34	1,49
5,14	86,19	107,43	7,37	1,08
6	73,50	101,83	6,15	1,29
8,5	146,86	164,51	9,62	0,83
9,8	161,69	178,48	13,13	0,61
9,8 НБО	151,17	165,41	9,14	0,87
13,1	64,34	82,89	5,24	1,53

**С**ЕБЕСТОИМОСТЬ сборных железобетонных тубингов обусловлена многими факторами, которые по характеру влияния на размер затрат можно разделить на две группы: зависящие от производственного процесса на заводе ЖБК и не зависящие от него. К первой группе относятся мощность завода и его техническая оснащённость, вид технологической схемы, уровень специализации производства; ко второй — стоимость сырья, материалов, топлива и транспортные расходы на их доставку.

ЛИИЖТ совместно с заводом ЖБК и Д Ленметростроя произвел в период 1973—1975 гг. анализ рентабельности выпускаемой продукции. Исследования эффективности выпуска сборного железобетона показали, что для достоверных выводов сложившемся производстве тубингов метрополитена необходим системный анализ основных технико-экономических показателей (в том числе вопросов, связанных с технологией производства, специализацией, степенью заводской готовности, величиной трудозатрат и др.).

Решение задачи повышения эффективности сборного железобетона и нахождения оптималь-

ного варианта с целью устранения «узких мест» производства возможно только с помощью ЭВМ.

Задача оптимизации производства на заводе ЖБК выражается в следующем виде. Завод выпускает  $n$  типоразмеров различных тубингов, причем это число может изменяться в широких пределах ( $j = 1, 2, \dots, n$ ).

Обозначив себестоимость выпускаемой продукции по типоразмерам —  $C_j$ , отпускную цену данного типоразмера  $j$  —  $Z_j$ ; и приняв для решения на ЭВМ основную задачу — максимизацию общего дохода завода ЖБК, целевую функцию в терминах оптимального программирования можно записать:

$$\max \sum_{j=1}^n (Z_j - C_j) x_j = \sum_{j=1}^n P_j x_j,$$

где  $x_j$  — объем продукции по различным типоразмерам тубингов;

$P_j$  — доход от реализации.

Решение этой задачи на ЭВМ «Минск» позволило разработать оптимальный план выпуска сборных железобетонных тубингов. Основные экономические показатели типов обделок тоннелей при производстве их на заводе ЖБК и Д Ленметростроя, которые

После расчета на ЭВМ получены данные, приведенные в табл. 2. Внедрение этого плана даст возможность заводу получить максимальный общий доход в размере 51230 руб. в месяц. Любой другой план снизит общий доход предприятию или приведет к диспропорции выпуска тубингов для обделок тоннелей.

Таблица 2

Тип тубинга	План, м <sup>3</sup>		Доход, руб.	
	оптимальный	максимальный 1974 г.	оптимальный	максимальный 1974 г.
5 НСК-4а	440	698	7167	11370
5,14	110	91	2336	1933
5,5	250	252	8080	8145
6,0	150	—	4250	—
7,88	300	224	12738	9411
8,5	530	17	9355	301
9,8	220	444	3694	7454
9,8 НБО	—	422	—	6009
13,1	200	132	3610	2383
Итого:	2200	2280	51230	47006

Наиболее напряженный план за 1973—1974 гг. был в июне 1974 г. По этому плану завод выпустил железобетонных тубингов 2280 м<sup>3</sup>, что дало общий доход 47006 руб. Использование же оптимального плана даже при меньшем объеме производства позволило получить доход в сумме 51230 руб.

# ПРЕДЕЛЬНЫЕ ГЛУБИНЫ ЗАЛОЖЕНИЯ ОБЖАТЫХ ОБДЕЛОК В ПЕСКАХ

В. ПУШКИН, инженер

**ВОЗВЕДЕНИЕ** тоннелей мелкого заложения в песчаных породах с применением обжатых обделок зависит от многих факторов: величины строительного зазора, устойчивости контура выработки во времени, глубины заложения, физико-механических характеристик породы, геометрических и механических характеристик обжимаемых обделок и др. При этом выбор максимально возможных (предельных) усилий обжатия для предупреждения осадок поверхности является одним из важнейших вопросов.

На основе проведенных в МИИТе экспериментально-теоретических исследований получены зависимости, позволяющие определять пределы усилий обжатия при различных глубинах заложения обделок диаметром 2 и 4 м (рис. 1), 5,5 и 6 м (рис. 2).

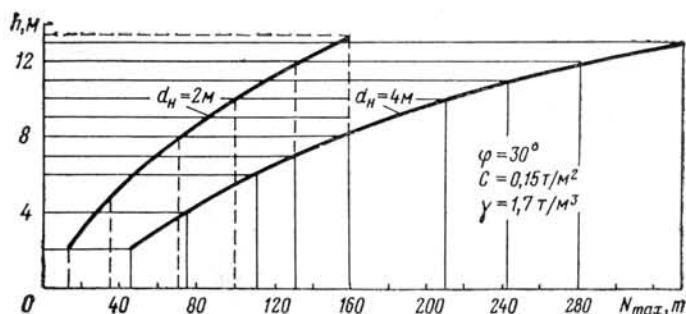


Рис. 1. Зависимость максимального усилия обжатия от глубины заложения обделок диаметром 2 и 4 м

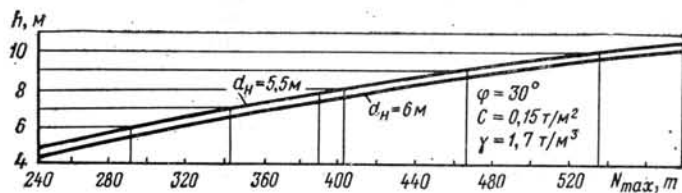


Рис. 2. Зависимость максимального усилия обжатия от глубины заложения обделок диаметром 5,5 и 6 м

Приведенные зависимости устанавливают связь между основными параметрами обжимаемых колец (по двум схемам обжатия: на уровне горизонталь-

ного диаметра и в шельге свода) и глубинами заложения в песчаные породы с основными физико-механическими характеристиками:  $c$ ,  $\varphi$  и  $\gamma$ .

При изучении выяснилось, что наибольшую опасность представляет развитие вертикальных деформаций надтоннельного массива. Это объясняется тем, что последний из-за малой мощности не способен оказать необходимый отпор в процессе обжатия очередного кольца тоннельной обделки. Начинается последовательный процесс расслоения массива, доходящий до поверхности, где возникают, а затем все более интенсивно развиваются трещины; при этом на контакте обделки и массива затухания деформаций при постоянном усилии обжатия не происходит. В результате в надтоннельном массиве образуется призма выпора.

При относительно глубоком заложении тоннеля ( $h > 3d_n$ ) развитие деформаций на контакте «обделка — порода» в процессе обжатия ограничивается местными сдвигами и разрушениями близлежащих слоев. В результате переуплотненная зона, образовавшаяся вокруг обделки, вследствие большой мощности массива стабилизирует дальнейшее развитие деформаций, направленное к поверхности. В этом случае пределом обжатия необходимо считать прочность самой обделки<sup>1</sup>.

При заложении обжимаемых обделок на глубины  $h < h_{\text{пред}}$  предельные усилия обжатия<sup>2</sup> ограничиваются такими величинами, при которых начинается развитие трещин на поверхности.

На основе решений теории предельного равновесия сыпучей среды (без учета сил трения) получены зависимости  $N_{\text{max}} = f(h)$ , которые хорошо согласуются с экспериментальными<sup>2</sup> и могут быть использованы при определении пределов обжатия кольцевых обделок в песчаных породах. Анализ кривых  $N = f(h)$  наглядно убеждает в существовании предельных глубин заложения ( $h_{\text{пред}}$ ) для колец различных диаметров, при которых дальнейшее увеличение усилий обжатия не вызовет перемещений массива, а приведет к разрушению обделки.

<sup>1</sup> См. «Метрострой» № 2, 1975.

<sup>2</sup> См. «Метрострой» № 5, 1975.

# ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ УПЛОТНЕННЫХ ГРУНТОВ

Ф. СКУЙБИН, канд. техн. наук,  
Н. АЛЕШИН, В. НЕЛЮБОВ, В. ЛЕРНЕР,  
инженеры

**Т**ЕХНОЛОГИЯ возведения монолитных прессованных бетонных обделок позволяет плотно обжимать грунт по контуру выработки за щитом. В результате этого на контакте между обделкой и массивом образуется кольцо переуплотненного грунта с более высоким модулем деформации, чем остальной грунтовой массив. Деформация по глубине зависит от напряженного состояния массива, модуля деформации грунта, его плотности, коэффициента Пуассона, силы сцепления и т. д.

Лабораторные исследования (компрессионные испытания, определение угла сдвига и т. д.) дают возможность определить только внешние проявления сложных процессов, происходящих внутри грунта, что недостаточно для выяснения внутреннего механизма этих процессов.

Наиболее перспективным способом изучения грунтов, позволяющим оценивать их физико-механические свойства непосредственно в массиве, является способ, основанный на применении упругих волн ультразвуковых частот. Исследования проводятся с помощью электронной аппаратуры, дающей возможность с большой точностью измерять скорости распространения и затухания ультразвуковых волн в различных средах.

Наблюдения за распространением в грунте продольных и поперечных ультразвуковых волн, оценка их затухания во время обжатия грунта бетонной смесью и после образования монолитной обделки позволяют выявить процесс взаимодействия грунта с бетоном.

Лаборатория Треста горнопроходческих работ № 1 использовала ультразвук для изучения уплотнения глинистых пород при возведении монолитно-прессованной обделки коллектора щитом диаметром 2 и 4,1 м на объектах в Перово (рис. 1) и по Университетскому проспекту. Кроме получения лабораторных стандартных физико-механических характеристик грунта (объемного веса,

плотности, влажности, коэффициента пористости, модуля общей деформации и т. д.), в полевых и лабораторных условиях определяли скорости продольных  $C_p$  и поперечных  $C_s$  волн ультразвука, период колебаний продольных волн  $T$ .

На основе полученных параметров установили их взаимосвязь, что дало возможность определять непосредственно на объекте свойства массива грунта, прилегающего к бетонной поверхности обделки тоннеля.

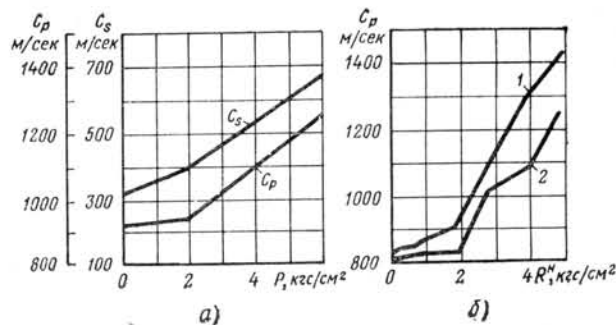


Рис. 2. Зависимость скорости волн ультразвука: а — от давления  $P$  (в глине); б — от несущей способности грунта; 1 — для глины; 2 — для моренных суглинков

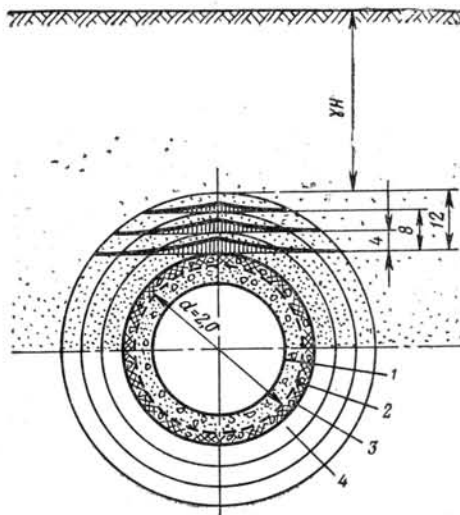


Рис. 1. Сечение коллектора с прессбетонной обделкой и обжатого вокруг нее слоя грунта:

1 — внутренний диаметр опалубки; 2 — наружный диаметр оболочки щита; 3 — фактически полученная наружная поверхность крепи; 4 — сводообразующая поверхность разуплотненного грунта

Исследования проводили на ультразвуковых приборах ДУК-20, УКБ-П с набором пьезодатчиков частот от 25 до 150 кГц. В процессе компрессионных испытаний находили акустические параметры образцов глин, помещенных в специально изготовленные стальные формы. Сбоку в них вставляли изолированные от формы и защищенные от воздействия влаги пьезопреобразователи малого размера. Формы помещали под 10-т пресс, причем нагрузку (до 6 кгс/см²) передавали через плиту диаметром 200 мм и толщиной 15 мм.

В образцах моренных глин ненарушенной структуры сравнивали зависимости модуля общей деформации от изменения скорости продольных волн. С увеличением давления пресса, т. е. с уплотнением глины, скорости  $C_s$  и  $C_p$  волн повышались (рис. 2, а). Рост скоростей обусловлен улучшением контактов между частицами. При снятии нагрузки скорость волн падала, причем неодинаково на всех участках нагружения. Имел место гистерезис, вследствие восстанавливающейся замедленной деформации.

Для определения толщины обделки при одностороннем к ней доступе необходимо было получить на экране прибора импульсы, отраженные от внешней поверхности бетонной крепи. Это возможно при наличии гладкой и ровной отражающей поверхности и применения преобразователей, представляющих собой систему с переменным углом излучения и концентрированным ультразвуковым лучом.

Измерение времени  $T_0$  распространения отраженного импульса на различных расстояниях между преобразователями позволяло вычислять толщину бетонной обделки  $h$  по формуле:

$$h = \frac{C_p}{2d} \sqrt{(T_0 - T_n)^2 - 1},$$

где  $d$  — оптимальное расстояние между осями преобразователей;

$T_n$  — время распространения импульса в акустическом контакте.

Отраженный импульс меняет фазу за счет разности акустических сопротивлений ( $z = \rho C_p$ , где  $\rho$  — плотность грунта) бетона и грунта, поэтому он находится относительно первого вступления сигнала в противофазе. Если в каком-либо месте отраженный сигнал не выявляется, то можно судить о вклинивании бетона в грунтовой массив и, наоборот, при повышенной амплитуде отраженного сигнала — о наличии воздушных зазоров между обделкой и грунтом.

Импульсный метод дает возможность получать акустические характеристики грунтов посредством одиночных и многократных измерений. В первом случае пьезоэлектрические преобразователи ставятся на обнаженную торцовую поверхность массива грунта неподвижно, во втором — база измерений (расстояние между центрами датчиков) увеличивается с смещением пьезоприемника от излучателя по линии профиля.

Экспериментальные работы в полевых условиях позволили определить диапазон изменения скоростей упругих волн (продольных 710—1450 м/сек, поперечных — 350—820 м/сек).

В результате были получены тарировочные зависимости ( $C_p - \rho$ ), ( $C_p - E$ ) ( $C_p - R^n$ ). Значения скоростей на тех же радиальных профилях через 10—12 дней уменьшались вследствие замедленной деформации грунта. Плотность глин по

значениям скоростей продольных волн на основании полученной тарировочной зависимости  $C_p - \rho$  изменялась от 1,81 до 2,03 г/см<sup>3</sup>.

Взаимосвязь между скоростью прохождения волн и модулем общей деформации для исследуемого массива глины, полученная экспериментально, выразилась зависимостью:  $E_0 = 1,41 C_p - 312$ , полученной из выражения

$$E_0 = \rho e^{BC_p},$$

где  $B = \text{const}$ ;

$e$  — основание натуральных логарифмов.

Учитывая полученную зависимость нормативного давления  $R^n$  кгс/см<sup>2</sup> для рыхлых неоднородных грунтов от скорости продольных волн, приведенных к глубинам 2—5 м (рис. 2, 6), получаем при измеренном диапазоне  $C_p$  от 800 до 1400 м/сек. Пределы колебания  $R^n$  грунта вокруг обделки от 3,6 до 5,1 кгс/см<sup>2</sup>.

Таким образом, изучив распределение упругих параметров грунтов и используя лабораторные исследования зависимости акустических параметров от физико-механических свойств, была установлена картина распределения модуля деформации, плотности и несущей способности слоев грунта вокруг бетонной обделки (рис. 3). Установлено, что по на-

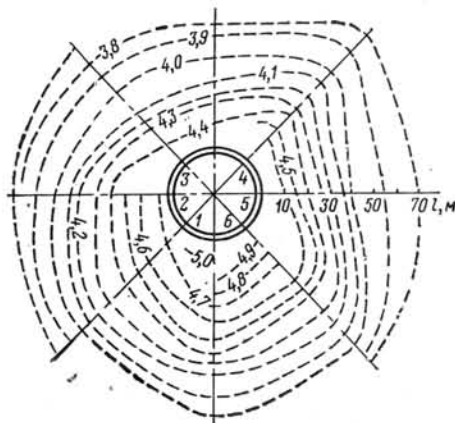


Рис. 3. Распределение нормативного давления грунта  $R^n$  на различных расстояниях  $l$  от бетонной обделки

правлению вертикальной оси тоннеля (над шельгой свода) скорость продольных волн, несущая способность, плотность и модуль деформации в слоях грунта уменьшаются с удалением от нее. В местах, где толщина крепи больше, в однородной прилегающей к ней массе грунта наблюдается относительно меньшее значение параметра скорости продольных волн, модуля деформации грунта.

На основании экспериментальных исследований удалось уточнить грузонесущую способность переуплотненного кольца грунта вокруг прессбетонной обделки и выявить возможность сокращения ее толщины для повышения усилия прессования и, соответственно, прочности.

## ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ СООРУЖЕНИЙ МЕТРОПОЛИТЕНА

В. АРТАМОНОВ, канд. техн. наук

**М**НОГОЛЕТНИЙ опыт эксплуатации метрополитенов в различных по агрессивности грунтах показал достаточную стойкость и долговечность в них чугунной, железобетонной и бетонной обделки тоннелей, однако имеются случаи коррозионных повреждений. Так, на одном из участков Киевского метрополитена через 5—6 месяцев после монтажа болты были повреждены коррозией больше чем наполовину диаметра и, что особенно опасно, повреждения имели вид отдельных язв (рис. 1). Подзем-

ные воды на этом участке проходят через слой перита, высококислотны (рН во время строительства достигала 1—3) и содержат большое количество сульфатов. При наличии такой агрессивности имеются основания предполагать, что и чугунная обделка тоннеля на этом участке подвержена коррозионным повреждениям, хотя наблюдения за ее состоянием не ведется.

Имеются случаи коррозионных повреждений и на Бакинском метрополитене, так как трасса проходит в весьма агрессивных грунтах и подземных водах. Толщина слоя ржавчины на внутренней поверхности обделки за 8 лет эксплуатации достигла 2,5 мм.

Требуют принятия неотложных мер защиты от коррозии бетонная обделка и оборудование Тбилисского метрополитена, так как подвергаются воздействию сульфатной агрессии. Главной мерой защиты от коррозии в этих случаях является нагнетание за обделку сульфатостойкого цементного раствора. Кроме того, необходимо ликвидировать течи на обводненных участках и произвести окраску внутренней поверхности тоннеля белым цементом с добавкой 20% водной полимерцементной эмульсии.

Наблюдаются случаи коррозионных повреждений вентиляционных стволов, коммуникационных устройств (электрооборудования, трубопровода, кабеля и пр.), стальных конструкций наклонных ходов, колонн и др.

Основной причиной коррозии многих металлических конструк-

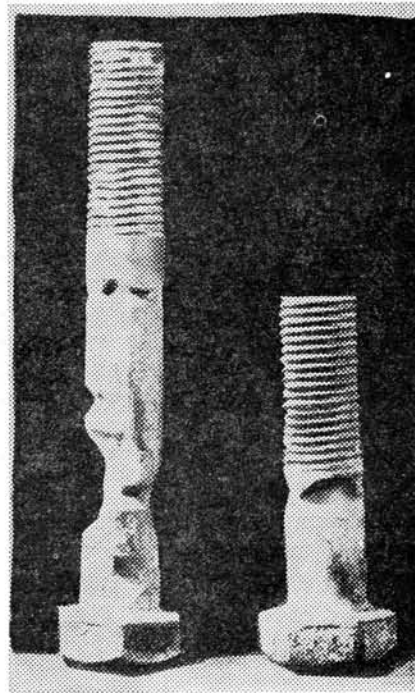


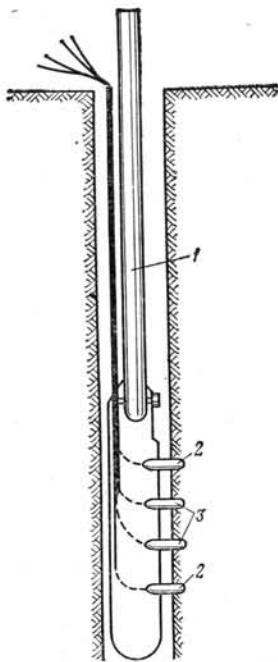
Рис. 1. Коррозионные повреждения анкерного болта

ций метрополитенов является наличие течей в обделке. Интенсивная коррозия трубопроводов связана с образованием на них конденсата.

Вопросам защиты подземных сооружений от коррозии необходимо уделять большое внимание как при их проектировании, так и в процессе строительства.

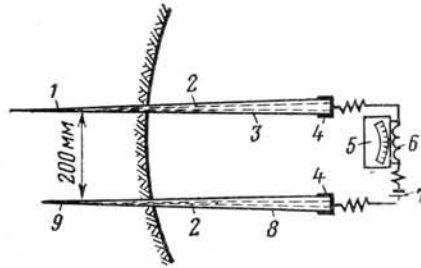
Для правильного выбора мер защиты от коррозии следует систематически определять коррозионную активность грунтов и подземных вод по отношению к чугуну и железобетону. Точность оценки значительно повышается, если применять одновременно следующие методы: определение электрического сопротивления грунтов; электрохимический (по потере веса) и химический анализ подземных вод и грунтов; изучение наличия бактерий в подземных водах, могущих вызвать коррозию металла и бетона.

Электрическое сопротивление грунтов при обследовании трас-



**Рис. 2. Схема микродренажа скважин:**  
1 — стержень для спуска установки в скважину; 2 — питающие электроды; 3 — приямные электроды

сы во время бурения можно определять методом микрокаротажа с помощью потенциометра во всех буровых скважинах на глубине заложения сооружения (рис. 2). При проходке выработок измерение производится четырехэлектродной установкой с помощью прибора типа МС-7 или почвенным высокоомным двухполюсным омметром, который является наиболее простым и удобным. Омметр (рис. 3) представляет собой магнитно-электрический вольтамперметр специальной конструкции.



**Рис. 3. Схема измерений коррозионной активности грунтов методом двухполюсной установки:**  
1 — катод; 2 — стальные сердечники; 3 — стержень катода; 4 — стальные колпачки на стержнях; 5 — миллиамперметр; 6 — шпунт; 7 — сухая батарея напряжением 3в; 8 — стержень анода; 9 — анод

С целью более полной оценки коррозионной активности грунтов, особенно на участках высокой агрессивности (20 ом м и ниже), необходимо дополнительно определять коррозионную активность электрохимическим методом по потере веса образцов, по содержанию веществ и плотности поляризационного тока.

Как показал опыт эксплуатации, для защиты от подземной коррозии чаще всего применяется нагнетание за обделку тоннеля цементно-песчаного раствора. (Но из-за невозможности контроля процесса нагнетания полностью полагаться на него нет оснований).

На Бакинском метрополитене успешно применяется защитное покрытие спинки тубингов горя-

чим битумом толщиной около 2 мм.

Аналогичное покрытие следовало бы применять и на других объектах. При этом вместо чистого битума, имеющего ряд недостатков, целесообразно использовать специальные мастики — полимер-битумные, каучуковые и другие.

Наряду с защитными покрытиями на участках с повышенной агрессивностью грунтов и подземных вод требуется применение и электрической защиты. Однако этот метод до сих пор практически не внедрен.

В особенно тяжелых условиях в отношении коррозии находятся обделки тоннелей неглубокого заложения. Попеременное замораживание и оттаивание, большой доступ кислорода значительно ускоряют коррозию металла и бетона, а также весьма отрицательно влияют на процессы старения и образования трещин в покрытиях.

Для защиты от коррозии коммуникационных устройств наиболее перспективными являются полимерные покрытия на основе герметиков, эпоксидной, перхлорвиниловой и других смол, а также некоторые сополимерные краски. В частности, защита от коррозии и гидроизоляция вентиляционных стволов и мостовых конструкций может быть произведена термоэластомером (герметиком) на основе дивинилстирольного каучука 14ТЭП-4 или 14ТЭП-7. Герметик однокомпонентный, обладает высокой эластичностью в большом интервале температур, стойкостью, хорошей адгезией к металлу и бетону и высокими механическими свойствами.

Герметик весьма эффективен для гидроизоляции железобетонных блоков, швов и пролетных строений железнодорожных мостов. Его токсичность может быть устранена применением в качестве растворителя бензина, уайтспирита, смеси этилацетата, бутилацетата и бензина.

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНТРОЛЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

И. ХЛЕБНИКОВ, инженер

*Назрела необходимость разработки методики определения электрических нагрузок в метростроении и способа прогнозирования динамики их изменения. Должны быть установлены обоснованные нормы расхода электроэнергии.*

*Для снижения затрат на электроснабжение строительства следует на основании ежемесячного учета расхода электроэнергии и текущего технологического процесса оперативно производить замену трансформаторов.*

№ шахты	Фактическое среднее-взвешенное потребление электроэнергии в месяц, квт. ч./мес.	Проект			Строительство			Приведенная погрешность с учетом динамики изменения нагрузок (уменьшенные в 3 раза), %		
		мощность предусмотренных трансформаторов, квт	месячный ресурс трансформаторной мощности, квт. ч./мес.	погрешность, %	мощность фактически установленных трансформаторов, квт	число месяцев работы	среднемесячный ресурс трансформаторов, квт. ч./мес.	погрешность, %	проект	строительство
701	125.660	2×560	528,000	415	320	36	207.000	165	135	50
703	56.471	.	.	935	560	36	193.000	340	310	115
732	68.238	.	.	775	320	34	210.000	310	255	105
733	105.642	.	.	500	320	23	175.000	165	170	55
735	72.107	.	.	730	560	11	168.000	235	180	80

Анализируя таблицу, нетрудно заметить, что проектная погрешность (415—935%) в 42—94 раза или в среднем в 70 раз превышает принятую в промышленности (10%-ная погрешность), а в строительстве соответственно в 16—35 раз или в среднем в 25 раз. Строительная погрешность, на 165—340% превышающая фактическое значение, увеличивает заявленную установленную мощность в 1,6—3,4 раза, т. е. в среднем в 2,5 раза. Этот вывод можно сделать, если принять следующее допущение: вынужденные потери, связанные с невозможностью подбора величины мощности трансформатора равной расчетной (шкала мощностей трансформаторов), соответствуют потерям вследствие повышенных значений расчетной мощности, при выборе аппаратуры и кабелей.

Эксплуатационная погрешность (установленная трансформаторная мощность в 2,5 раза превышает фактически потребляемую) приводит к переплатам при расчетах с Мосэнерго, размер которых можно установить из следующего ориентировочного расчета.

При стоимости I квт установленной оплачиваемой мощности 22 руб. (основная часть двухставочного тарифа для системы Мосэнерго) в год в результате ее завышения Метрострой несет лишние расходы в сумме  $22 \times 2,5 - 22 = 33$  руб. Если принять, что на Калининском радиусе будет установлена ориентировочно трансформаторная мощность 20000 квт, то сумма убытков составит  $33 \times 20000 = 660$  тыс. руб. в год, а за весь срок строительства порядка 3 млн. руб. Следовательно, у Метростроя имеется довольно весомый резерв экономии.

Как видно из приведенных примеров, погрешности уменьшаются против проектных в среднем в 3 раза. Но их можно значительно сократить, заменяя трансформаторы.

За период строительства — 4—5 лет — обычно производят 2—3 смены трансформаторов, а экономически обоснованное число замен составляет 5—10. Правда, это увеличивает парк трансформаторов и приводит к повышению эксплуатационных расходов, связанных с ремонтом и обслуживанием. Оптимальное количество замен трансформаторов должно определяться экономическими расчетами.

Контроль за правильным расходованием электроэнергии необходим в первую очередь технический, а затем уже административный. В этом убеждает сложность оценки величины расчетной мощности и учета динамики ее изменения. Тем более, что отсутствуют достаточно обоснованные, отраслевые удельные нормы расхода электроэнергии на единицу продукции как в физическом, так и в стоимостном выражении.

Нет даже полной ясности в определении единицы продукции. Поэтому и возникают такие трудности при составлении энергослужбой Метростроя отчетов о расходе электроэнергии.

**П**РИ ПРОЕКТИРОВАНИИ системы электроснабжения основным вопросом является правильное определение величины расчетной мощности строительной площадки.

В проектах промышленных предприятий расчеты производят в соответствии с «Указаниями по определению электрических нагрузок в промышленных установках» с точностью до 10%.

Для транспортного строительства подобной методики нет, поэтому расчетную мощность определяют так же, как и для промышленности, но по упрощенному варианту — по средним величинам коэффициентов спроса  $K_c$  по формуле

$$P_m = K_c \cdot P_n,$$

где  $P_m$  — расчетная нагрузка (получасовой максимум активной мощности);

$P_n$  — суммарная номинальная активная мощность рабочих электроприемников.

Известно, что значения коэффициентов спроса должны приниматься по отраслевым инструкциям, однако для Метростроя (из-за отсутствия инструкции) применяются коэффициенты аналогичных отраслей: шахтного строительства, промышленности, общего строительства и т. д. При этом обоснованность их применения полностью зависит от компетентности проектировщика.

Набор машин и механизмов, который заложен в проекте, по количеству и мощности лишь приближенно соответствует действительному. Таким образом, в значениях коэффициента спроса и максимума активной нагрузки имеются определенные погрешности.

Для их оценки произведем примерный расчет.

Введем понятие ресурса трансформаторной мощности (мощность, которую можно получить в месяц от одного установленного трансформатора)

$$R_m = P'_n \cdot T \cdot K_{з.т.},$$

где  $P'_n$  — номинальная мощность трансформатора, квт,

$P'_n = S_n \cdot \cos \varphi_k$ . (Здесь  $\cos \varphi_k$  — коэффициент мощности после компенсации,  $\cos \varphi_k = 0,92$ ,  $S_n$  номинальная мощность трансформатора, квт);

$T$  — число рабочих часов в месяц при трехсменной работе.

$T = \frac{8760}{12}$ , где 8760 — число часов работы в год).

Для трансформаторов мощностью 320 квт ресурс составит 150000 квт. ч, а 560 квт — 264000 квт. ч.

На примере электроснабжения строительства шахт — шахты выбраны произвольно (фактический расход электроэнергии принят по данным КЭПРО, процент погрешности получен из отношения величин ресурса трансформаторов, предусмотренных проектом и установленных к фактическому расходу) произведен расчет погрешности в определении расчетной мощности при проектировании эксплуатации. Значения погрешности представлены в таблице.

Для определения величины приведенной погрешности, отражающей динамику изменения нагрузок, принимаем, что в строительстве возможен рост нагрузки между двумя смежными периодами (месяц или квартал) в 3 раза, и, следовательно, уменьшение погрешности также в 3 раза.

# ОБ УВЕЛИЧЕНИИ НОРМЫ НЕПОГАШЕННОГО УСКОРЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ВАГОНОВ

О. ЕРШКОВ, д-р техн. наук;  
В. КАРЦЕВ, канд. техн. наук;  
В. ПЕТРОВА, Б. ПАВЛОВ, инженеры

**ОТДЕЛЕНИЕМ** Комплексных испытаний ЦНИИ МПС совместно со Службой пути Московского метрополитена проведены теоретические и экспериментальные исследования особенностей движения вагонов на кривых с радиусами 200—300 м, в которых установлено ограничение скоростей движения по непогашенным ускорениям. При опытных поездках (со скоростью от 20 до 80 км/ч) на вагоне регистрировали горизонтальные поперечные ускорения кузова в зоне пятника над обеими тележками, боковую его качку, а также горизонтальные (рамные) силы первой по ходу тележки. Привязку динамических процессов к пути осуществляли с помощью путеотметчиков, устанавливаемых на шпалах. Экспериментальные материалы обрабатывали методами математической статистики с применением вычислительной машины «Наири».

Анализ полученных данных показывает, что максимальные вероятные значения горизонтальных ускорений в кузове не превышали 1,5—1,55 м/сек<sup>2</sup>.

Как известно, постоянная составляющая непогашенных ускорений в кузове с учетом крена определяют по формуле:

$$a_{\text{ин}}^{\kappa} = a_{\text{ин}}^{\delta} (1 + \varphi), \quad (1)$$

где  $\varphi$  — коэффициент, учитывающий увеличение постоянной составляющей горизонтальных ускорений в кузове за счет его крена;

$a_{\text{ин}}^{\delta}$  — расчетные значения горизонтальных ускорений, отнесенные к необрессоренным частям вагона.

Расчетные значения ускорений находят из выражения:

$$a_{\text{ин}}^{\delta} = \frac{V^2}{3,6^2 R} - g \frac{h}{S}, \quad (2)$$

где  $V$  — скорость движения, км/ч;  
 $R$  — радиус кривой, м;  
 $h$  — возвышение наружного рельса, мм;  
 $S$  — ширина колеи, мм.

Экспериментальные значения коэффициента  $\varphi$ , определенные по формуле (1), для опытного вагона (типа «А») колеблются в пределах 0,10—0,25; а расчетные для вагонов типа «Г», «Д» и «Е» равны соответственно 0,4; 0,45 и 0,51.

Из этого следует, что при принятой в настоящее время норме расчетного непогашенного ускорения на буксе 0,4 м/сек<sup>2</sup>, наибольшие значения постоянной составляющей ускорений в кузове с учетом крена у вагонов типа «Е» — 0,61 м/сек<sup>2</sup>. Если допустить на буксе непогашенное ускорение 0,6 м/сек<sup>2</sup>, то постоянная составляющая ускорений в кузове вагона «Е» составит 0,91 м/сек<sup>2</sup>.

Необходимо отметить, что большой крен кузова на рессорах увеличивает уровень непогашенных ускорений, передаваемых на пассажиров. При этом значительно уменьшаются габаритные зазоры. Вместе с тем полученные значения непогашенных уско-

рений оказались меньше рекомендуемой на дорогах МПС величины 1,1 м/сек<sup>2</sup>.

Если учесть наибольшие дополнительные поперечные ускорения в кузове от колебания его на рессорах, которые при максимальных скоростях для опытного вагона равны 0,45 м/сек<sup>2</sup>, то полные поперечные ускорения, действующие на пассажира, составят для вагонов типа «Д» и «Е» при  $a_{\text{ин}}^{\text{расч}} = 0,5 \div 0,6$  м/сек<sup>2</sup> — 1,20—1,37 м/сек<sup>2</sup>.

На основании исследований, проведенных в ЦНИИ МПС и ЛИИЖТе на наземных железных дорогах, было установлено, что горизонтальные ускорения в пределах 0,4—0,8 м/сек<sup>2</sup> находятся на пороге ощущения их пассажирами.

Максимальное удовлетворительно переносимое ускорение при их кумулирующем действии во время поездки — 0,8 м/сек<sup>2</sup>. При многократных и непродолжительных воздействиях большинство людей удовлетворительно переносит ускорение 1 м/сек<sup>2</sup>.

По другим исследованиям для стоящих или ходящих по вагону пассажиров считаются допустимыми ускорения 0,7—1 м/сек<sup>2</sup>, а в редких случаях — в 2—2,5 раза большие. Сидящий пассажир при действии импульсных ускорений 2 м/сек<sup>2</sup> испытывает некоторые неудобства, а при ускорениях 3 м/сек<sup>2</sup> значительные. Проф. Г. М. Шахуняц отмечает, что при езде на короткие расстояния и достаточной тренированности пассажиров можно допускать большие значения ускорений, чем при поездке на дальние расстояния.

На основании исследований ЦНИИ МПС на железнодорожных путях в кривых (включая кривые с движением пригородных поездов), установлена норма непогашенных ускорений по необрессоренным частям 0,7 м/сек<sup>2</sup>. А в пригородных поездах пассажиры практически находятся в тех же условиях, что и в вагонах метрополитена.

По данным ВНИИВа\*, на Московском метрополитене суммарное время хода поезда по кривым участкам пути за 15 мин поездки составит около 5 мин, а такое непродолжительное действие ускорений не оказывает заметного влияния на состояние пассажира. Следует отметить, что в условиях метрополитена довольно часто на пассажира действуют также продольные ускорения при разгоне и торможении перед станциями, которые для современных вагонов составляют 1—1,3 м/сек<sup>2</sup>, т. е. в 2 раза превышают допустимое поперечное непогашенное ускорение.

Таким образом, в кривых участках пути метрополитена по условиям комфортабельности езды пассажиров и плавности движения можно повысить поперечные ускорения, действующие на пассажира,

\* См. «Метрострой» № 8, 1974.



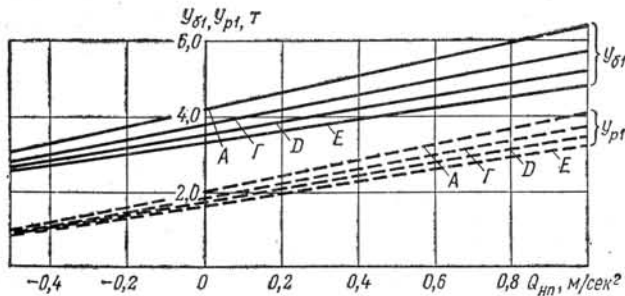
и рекомендовать норму непогашенного ускорения по необрессорным частям в размере 0,5—0,6 м/сек<sup>2</sup>, вместо установленной 0,4 м/сек<sup>2</sup>. Аналогичное заключение сделано и МИИТом.

Поскольку поперечные непогашенные ускорения характеризуют также и уровень поперечных сил в кривых, необходимо было оценить силовое воздействие вагонов на путь. Для этого проведены расчеты поперечных сил и построены графики-паспорта для всех эксплуатируемых в настоящее время типов вагонов и для сопоставления — вагона типа «А» (который в 1975 г. снят с эксплуатации).

Кроме этого, на одном из вагонов метрополитена экспериментальным путем определены горизонтальные силы в кривых радиусом 200—300 м.

Расчеты показали, что в кривых радиусом менее 200 м при непогашенных ускорениях до 0,4 м/сек<sup>2</sup> тележки вагонов «А» и «Г», кроме наружной рельсовой нити, направляются также задними осями по внутренней рельсовой нити, а вагоны типов «Д» и «Е» при всех эксплуатационных скоростях — лишь первыми осями, т. е. имеется свободное вписывание.

Результаты расчетов, поперечных сил в кривых для вагонов типов «А», «Г», «Д» и «Е» приведены на рисунке.



На основании графиков-паспортов получены приближенные формулы для определения величин поперечных сил:

$$Y_i = Y_{oi} + b a_{ni}$$

где  $Y_{oi}$  — постоянная составляющая, равная поперечной силе при нулевом непогашенном ускорении и зависящая в основном от веса экипажа;

$b$  — угловой коэффициент, зависящий как от веса экипажа, так и от соотношения базы тележки и полюсного расстояния центра поворота тележки.

Численные значения  $Y_{oi}$  и  $b$  приведены в таблице.

Анализ графиков-паспортов и данных таблицы показывает, что наибольшие значения горизонталь-

ных сил получают от вагонов типов «А» и «Г», имеющих большой вес тары. Установлено, что уровень боковых и рамных сил в кривых при нормируемом в настоящее время поперечном непогашенном ускорении 0,4 м/сек<sup>2</sup> сравнительно невелик. Динамические боковые и рамные силы для вагона типа «Г» при максимальной скорости 80 км/ч и непогашенном ускорении 0,4 м/сек<sup>2</sup> составляют 6 и 3,5 т, а при непогашенном ускорении 0,6 м/сек<sup>2</sup> достигнут соответственно 6,5 и 4 т, что не превышает значений, при которых обеспечивается поперечная устойчивость пути.

За допускаемое значение рамных сил для участков с конструкцией пути на щебне, которые составляют 16,5% общей длины линий, можно принять величину, равную 40% статической осевой нагрузки, как это установлено на наземных железных дорогах. Что касается участков пути на бетоне, то для них поперечная устойчивость будет не ниже, чем на наземных железных дорогах. Исходя из этого, допускаемые величины рамных сил, при которых будет обеспечена поперечная устойчивость пути для вагонов «Г», «Д» и «Е», составят соответственно 6,5, 5,8 и 5,3 т, т. е. больше расчетных.

В результате опытных поездок, проведенных в кривых с радиусами 300 м и менее при непогашенных ускорениях на буксе до 0,6—0,7 м/сек<sup>2</sup>, установлено, что максимальные значения экспериментальных рамных сил не превышали 3,8 тс, т. е. были меньше допускаемых, принятых по условию устойчивости пути поперечному сдвигу. Как показали экспериментальные исследования напряженного состояния пути, выполненные МИИТом, при этом обеспечиваются также и условия прочности пути.

На основании расчетно-экспериментального метода, применяемого в ЦНИИ МПС при проведении испытаний подвижного состава и установлении допускаемых скоростей движения, данные, полученные для одного типа вагона, можно с помощью расчетов распространить на другие типы вагонов и верхнего строения пути. Такой метод был применен к графикам-паспортам.

Возможность увеличения нормы непогашенного ускорения обуславливается и тем, что старотипные вагоны заменяются более совершенными, имеющими на 30—40% меньший вес тары. Исследованиями ЦНИИ МПС установлено, что уровень поперечных непогашенных ускорений находится в линейной зависимости от статической нагрузки на ось. Поэтому понижение осевой нагрузки в результате уменьшения веса тары при той же полезной нагрузке позволит повысить уровень поперечных непогашенных ускорений, тем более, что одновременно улучшается конструкция вагонов.

Таким образом, исследования показали, что в часы «пик» на кривых участках пути Московского метрополитена (для вагонов типов «Д» и «Е»), по условиям комфортабельности езды пассажиров и поперечной устойчивости пути норму непогашенного ускорения можно увеличить до 0,5 м/сек<sup>2</sup>, а в отдельных случаях до 0,6 м/сек<sup>2</sup>. Реализация таких ускорений в первую очередь необходима на тех участках, где провозная способность находится на пределе, а величину возвышения наружного рельса в кривых невозможно увеличить.

Тип вагона	Нагрузка от колеса на рельс, кг	Расстояние между осями, м	Демпфирующий момент, кг·м	Значения коэффициентов			
				для боковых сил		для рамных сил	
				$Y_{oi}$ , кгс	$b$ , кгс·сек <sup>2</sup> /м	$Y_{pi}$ , кгс	$b$ , кгс·сек <sup>2</sup> /м
А	9200	2,5	650	4200	2140	2000	2140
Г	8200	2,5	590	3700	2060	1840	2060
Д	7250	2,1	560	3570	1780	1830	1780
Е	6625	2,1	560	3350	1620	1770	1620

**ОСОБЕННОСТЬЮ** пути метрополитенов является большое число криволинейных участков. Так, на Московском метрополитене криволинейные участки составляют около 35% общей длины линий, причем минимальный радиус кривой равен 200 м.

Максимально допустимая скорость движения вагона по криволинейному участку пути  $V_{\max}^k$  зависит от радиуса кривой  $R$ , повышения наружного рельса  $h$  и наибольшей величины непогашенного ускорения неподрессоренных частей вагона  $a_n$  при установленном движении по кривой. При принятых на метрополитене  $h_{\max} = 120$  мм и  $a_n = 0,4$  м/сек<sup>2</sup>.

$$V_{\max}^k = 3,85 \sqrt{R} \text{ км/ч.}$$

На криволинейных участках малого радиуса при  $R = 200 \div 400$  м  $V_{\max}^k < 80$  км/ч, что меньше максимальной скорости движения, которую могут развить серийные вагоны типа «Еж» и перспективные вагоны типа «И» при эксплуатации на перегонах средней и большой длины (конструктивная скорость вагона «Еж» —  $V_{\max} = 90$  км/ч, а вагона «И» —  $V_{\max} = 100$  км/ч). Наличие таких участков в средней части перегонов, хотя такие случаи относительно редки, увеличивает время их прохождения поездом.

Для повышения скорости движения на криволинейных участках, ряд авторов\* предлагают увеличить величину допустимого непогашенного ускорения  $a_n$  в 2—2,5 раза. При этом исходят из возможности человеческого организма выдерживать в течение непродолжительного времени величины ускорений, значительно большие, чем действуют на пассажира при установленном движении и  $a_n = 0,4$  м/сек<sup>2</sup>. Кроме того, сравнивают ускорение, действующее на пассажира в направлении, поперечном пути, с максимальным расчетным ускорением пуска или торможения вагона, равным 1,3 м/сек<sup>2</sup>.

## ПОВЫШЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПЕЗДОВ НА КРИВОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ

М. ЗАКС, канд. техн. наук

Максимальная скорость на кривых при указанных условиях может возрасти до

$$V_{\max}^k = 4,6 \sqrt{R} \text{ км/ч, что для наиболее распространенного радиуса кривой 400 м составит 90 км/ч.}$$

Однако в этих предложениях не учтены вопросы вписывания вагона в габарит приближения подвижного состава, увеличения нагрузок, действующих на его ходовые части, и устойчивости свободно стоящих пассажиров.

С повышением скорости движения на криволинейных участках пути увеличивается наклон и относ кузова наружу кривой. Расчеты вагона «Еж» показывают, что в кривой радиуса 200 м при повышении скорости с 55 до 60 км/ч отклонение верхней точки боковины кузова (капельника) увеличится на 35 мм, а подоконного пояса — на 25 мм; в кривой радиуса 300 м при повышении скорости с 65 до 80 км/ч отклонения указанных точек увеличатся соответственно на 50 и 35 мм. В расчетах принято возвышение наружного рельса  $h = 120$  мм.

Такое увеличение отклонений кузова приведет к нарушению условий вписывания вагона в габарит приближения подвижного состава; особенно это относится к вагону «И», который имеет большую ширину кузова по подоконному поясу, чем вагон «Е».

При повышении скорости движения в криволинейных участках

пути возрастут силы, действующие на колесные пары (в основном, горизонтальные поперечные силы). Хотя такие случаи при прохождении поездом всей линии какого-либо радиуса метрополитена относительно редки, но вследствие многократного повторения рейсов одним поездом это приведет к снижению надежности колесной пары серийных вагонов «Еж», которая не рассчитана на увеличение горизонтальных поперечных усилий по сравнению с существующими условиями эксплуатации.

Во время ходовых динамических испытаний вагонов типа «Е» и его модификаций на трассах Московского метрополитена замеренные в салоне кузова максимальные поперечные ускорения составили 1,3—1,5 м/сек<sup>2</sup>. Датчики ускорений устанавливались над пятниками тележек на полу кузова. Скорости движения исследуемых вагонов соответствовали максимально допустимым по ПТЭ. Когда скорости движения превышали нормативные (примерно на 5 км/ч), были зафиксированы еще большие величины ускорений (до 2 м/сек<sup>2</sup>).

При входе в кривую или выходе из нее вагон совершает поперечные колебания, имеющие неустойчивый характер. В этот момент и возникают наибольшие ускорения, величины которых значительно превосходят расчетные, определенные при установленном движении вагона по кривой.

Хотя время действия максимальных ускорений мало, но их внезапное появление может привести к потере устойчивости свободно стоящего пассажира, что было замечено при испытаниях. Поэтому предлагаемое существенное увеличение скоростей движения в криволинейных участках ухудшит комфортабельность езды пассажиров.

По нашему мнению, наиболее эффективным способом повышения максимальной скорости движения на криволинейных участках пути малого радиуса являет-

\* См. «Метрострой» № 1 и 8, 1974.

ся увеличение возвышения наружного радиуса до  $h_{\max} = 150$  мм, как это осуществлено на метрополитене г. Праги.

Ходовые динамические испытания вагонов «Ечс» на Пражском метрополитене показали, что в кривой радиуса 350 м при скорости движения до 80 км/ч максимальные значения отклонений кузова вагона, боковых рамных сил, усилий, действующих на колесную пару, не превышали максимальных значений аналогичных величин, полученных на вагонах «Е» и «Еж» при испытаниях на Московском метрополитене. Максимальные значения поперечных ускорений в кузове равнялись 1,1–1,2 м/сек<sup>2</sup>.

По ПТЭ Пражского метрополитена наибольшая скорость в кривых определяется по формуле

$$h = \frac{8V_{\max}^2}{R},$$

из которой следует, что при  $h_{\max} = 150$  мм непогашенное ускорение  $a_{\text{н}} = 0,47$  м/сек<sup>2</sup>.

Учитывая проведенные в последнее время на наших метрополитенах работы по улучшению верхнего строения пути: сужение колеи до 1520 мм, введение более жестких норм содержания пути, можно принять допустимую величину непогашенного ускорения  $a_{\text{н}} = 0,5$  м/сек<sup>2</sup>.

Тогда при  $h_{\max} = 150$  мм  $V_{\max}^* = 4,35 \sqrt{R}$  км/ч.

Это практически снимает ограничение скорости при эксплуатации вагонов типа «Е» и будущих вагонов типа «И» из-за криволинейных участков пути.

Расчеты вагонов «Еж» и «И» показали, что при указанных условиях они вписываются в существующий габарит приближения подвижного состава как во время движения, так и при остановке в кривой.

Максимальное возвышение наружного рельса  $h_{\max} = 150$  мм целесообразно внести в новую редакцию СНиПа наряду с предложением об увеличении минимального радиуса криволинейных участков пути. Следует отметить, что возвышение  $h = 150$  мм можно применять на кривых малого радиуса, где наименьшая скорость движения поезда при эксплуатации  $V_{\min}^* > 3,5 \sqrt{R}$  км/ч.

Зарубежный опыт

## НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ УПЛОТНЕНИЯ ГИДРОЦИЛИНДРОВ

Е. ДЕМЕШКО, канд. техн. наук;  
Л. САВЕЛЬЕВ, инженер

СОВРЕМЕННАЯ тенденция повышения давления рабочей жидкости в гидросистемах предъявляет особенно жесткие требования к уплотнениям гидроцилиндров. Оптимальные по своим показателям уплотнения должны обладать длительным сроком службы, высокой износостойкостью, повышенной уплотняющей способностью, низкими величинами трения. Кроме того, уплотнение должно обеспечивать простоту эксплуатации и ремонта, иметь низкую стоимость.

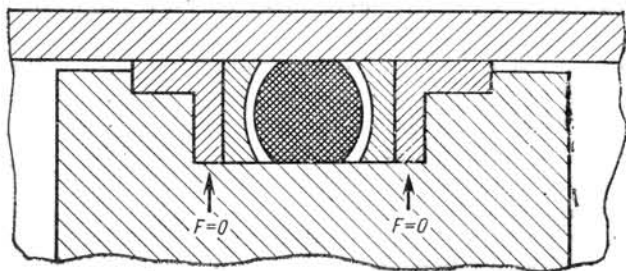


Рис. 1. Конструкция уплотнения поршня

Шведской фирмой Шега разработан и применяется новый тип уплотнений поршней и плунжеров гидроцилиндров. Конструктивно уплотнение поршня (рис. 1) состоит из резинового кольца круглого сечения, двух поддерживающих и двух направляющих колец, выполненных из новых полимерных материалов. Уплотнение имеет симметричную форму и работает в обоих направлениях движения поршня гидроцилиндра. Конструкция основана на теории трехступенчатой жесткости уплотняющих колец с увеличением ее от среднего кольца к крайним.

Уплотнительное резиновое кольцо обычного типа поставлено с некоторым натягом. Отличительной особенностью является повышенная чистота поверхности. Кольцо выполняют из синтетических каучуков: нитрильного (сополимер бутадиена и акрилонитрила), витона (фторированный эластомер), этил-пропиленового сополимера. Поддерживающее кольцо, предназначенное для предупреждения затягивания эластичного уплотнительного кольца в зазор между цилиндром и поршнем, фирмой запатентовано. Полимерный материал, из которого оно изготовлено, по своим свойствам напоминает полихлорвинил. Направляющее Г-образное кольцо выполнено из весьма жесткого полимера — полиацетата или полиамида.

Уплотнение установлено в кольцевой выточке поршня без каких-либо крепежных деталей. Для сборки поддерживающие и направляющие кольца снабжены радиальным разрезом.

Испытания на долговечность показали, что уплотнение в наиболее благоприятном режиме переменного давления, возникающего в процессе возвратно-поступательного движения поршня, способно выдержать 2 млн. циклов и пройти без износа и повреждений путь в 1750 км. Считается, что уплотнение высокого качества должно обеспечивать

500 тыс. циклов или 1000 км пути. Высокая долговечность уплотнения Шега объясняется образованием масляной пленки хорошего качества между цилиндром и уплотнением и отсутствием радиального давления на направляющие кольца. Эти два фактора одновременно обуславливают снижение величины трения и уменьшение вредного выделения тепла. Кроме того, долговечность повышается вследствие отсутствия «сваривания» отдельных колец между собой, при котором обычно возникают внутренние напряжения, ускоряющие разрушение материала.

Применение в качестве уплотнения эластичного кольца круглого сечения обеспечило полную герметизацию в статическом положении поршня. При движении создается некоторый несущественный перенос масла из рабочей полости в нерабочую.

Уплотнение позволило без ущерба для износостойкости снизить чистоту обработки узлов гидроцилиндра. Рекомендуемая чистота поверхности цилиндра — 0,25—0,63 мк, канавки поршня: дна — 2,5 мк, остального — 4 мк.

На поршень уплотнения устанавливают при помощи простых рычажных приспособлений без большой затраты труда. При диаметре поршня 25—140 мм надевают сразу весь комплект (рис. 2), по-

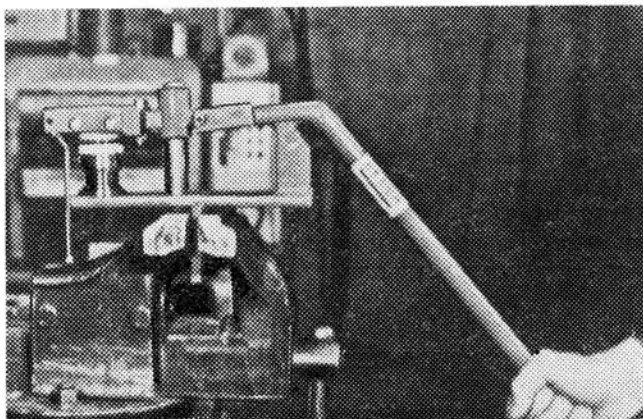


Рис. 2. Установка рычажным приспособлением комплекта уплотнения на поршни диаметром 25—140 мм

ставляемый в собранном виде. С этой целью используют коническую оправку, смазанную маслом. Для установки уплотнения на поршни диаметром 145—250 мм применяют приспособление другого

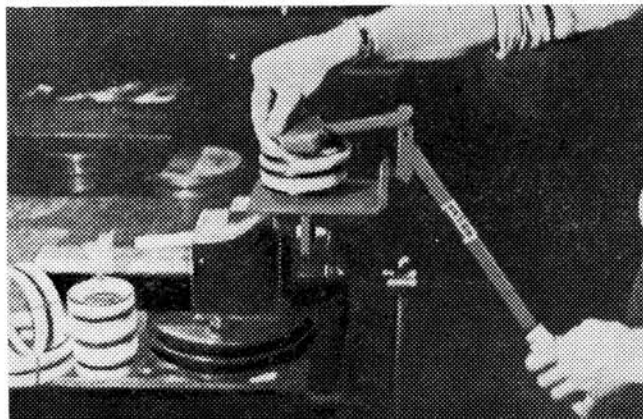


Рис. 3. Установка уплотнения на поршни диаметром 145—250 мм

типа (рис. 3). Кольца уплотнения надевают поочередно, начиная с направляющего.

Уплотнение Шега для плунжеров гидроцилиндров состоит из уплотнительного, поддерживающего и прижимного колец (рис. 4). Конструкция обеспечивает высокую герметизацию и отсутствие утечек рабочей жидкости как при нормальных условиях эксплуатации, так и при низких температурах и давлении.



Рис. 4. Уплотнение для плунжеров гидроцилиндров

Уплотнительное Г-образное кольцо плотно поджимается к плунжеру рабочей частью, которой придана форма ерша, при помощи резинового кольца круглого сечения. Чтобы уменьшить утечки жидкости, уплотнительное кольцо снабжено ступенчатым разрезным швом. Поддерживающее кольцо по форме не отличается от такого же кольца уплотнения поршня.

Максимально допустимая утечка рабочей жидкости считается равной 2 см<sup>3</sup> на 1 км пути плунжера. Измерениями же было установлено, что уплотнение Шега дает в 5 раз меньшую утечку.

Достоинством уплотнения плунжера является возможность замены уплотнительного и поддерживающего колец без разработки гидроцилиндра.

Рекомендуемая чистота обработки поверхности плунжера составляет 0,16—0,32 мк.

Очиститель — грязесъемное кольцо (рис. 5, а) — изготавливают из нитрильного каучука и устанавливают в кольцевом пазе без крепежных соединений.

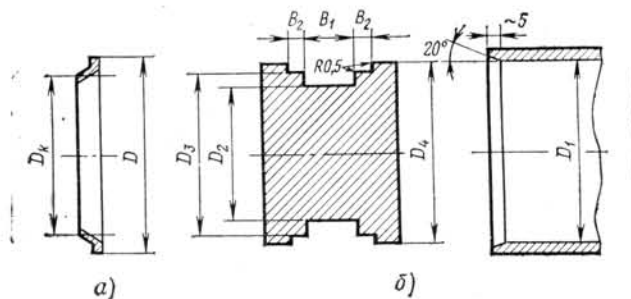


Рис. 5:  
а — грязесъемное кольцо; б — поршень

Размеры элементов поршня (рис. 5, б) являются стандартными и для некоторых диаметров гидроцилиндров, совпадающих с отечественными (табл. 1).

Канавка в направляющей втулке под уплотнение плунжера (рис. 6, а) имеет размеры, приведенные в табл. 2.

Таблица 1

$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$B_1$	$B_2$
60	44	55,4	58,7	18,4	6,4
90	70	84,2	88,3	22,4	6,4
125	100	118,1	123	25,4	6,4
160	130	153	158	25,4	6,4
200	170	193	198	35,4	6,4
250	220	243	248	35,4	6,4

Таблица 2

$D_k$	$D$	$\frac{D-D_k}{2}$	$L$
40	50	5	11
40	55	7,5	11
60	80	10	14,5
90	110	10	12,5
110	130	10	12,5
125	150	12,5	14,5

Размеры кольцевого паза для грязеочистителя (рис. 6, б) даны в табл. 3.

Таблица 3

$D_k$	$D_1$	$d_1$	$H_1$	$h_1$
46	56	50,6	4,0215	2,15
63	73	67,6	4,0215	2,15
99	109	103,6	4,0215	2,15
113	123	117,6	4,0215	2,15
127	137	131,6	4,0215	2,15

Таким образом, уплотнение Шега отличается долговечностью, простотой конструкции и легкостью замены; хорошей герметизацией рабочей полости при различном давлении жидкости (включая 250 кгс/см<sup>2</sup>); меньшим (в 2 раза) тре-

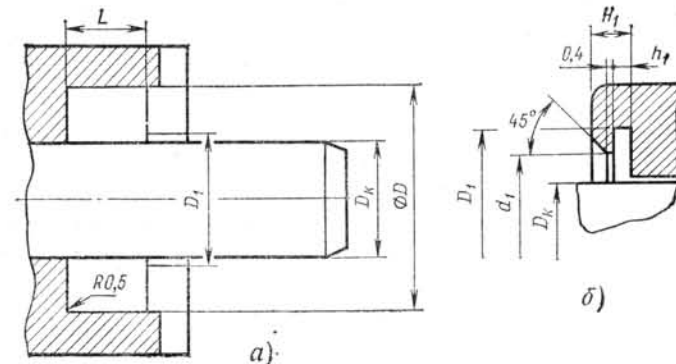


Рис. 6:

а — канавка в направляющей втулке плунжера; б — кольцевой паз для грязеочистителя

нием; высокой надежностью в работе; возможностью установки на простых по конструкции и дешевых в изготовлении поршнях; снижением требований к допускам на внутренние диаметры цилиндров.

## НЕРЖАВЕЮЩИЕ СТАЛИ И АЛЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВЫ В ВАГОНАХ МЕТРО

В. КИРИЛЛОВ, Х. ПЕЙРИК,  
канд. техн. наук

**В**ОПРОС об использовании нержавеющей стали и алюминиевых сплавов с целью уменьшения массы тары вагонов метрополитенов является весьма актуальным. Вследствие небольших расстояний между остановочными пунктами и стремления увеличить число пар поездов в единицу времени при эксплуатации вагонов происходят непрерывные разгоны и торможения. Поэтому вагоны должны обеспечивать максимально возможные ускорения и замедления. А это в значительной степени зависит от массы тары вагона и определяет стоимость расходуемой электроэнергии,

одного из основных экономических показателей эффективности работы метрополитенов. Кроме того, увеличенная масса тары вагонов при большой частоте движения поездов существенно влияет на расходы по содержанию пути.

За рубежом каждая фирма, изготавливающая вагоны метрополитена с применением нержавеющей стали, по своему подходу к проблеме их конструирования. Так, у вагонов типа ДТ2 и ДТ3 Гамбургского наземного метрополитена (фирма LHB) все наиболее напряженные части рамы — хребтовая и боковые продольные балки, выполнены из И-образных профилей из низколегированной стали мар-

ки St52 и окантованы листами толщиной 5 или 4 мм; пресованные поперечные балки — из аналогичной стали марки St37 толщиной 3 мм; облегченные профили боковых и торцовых стен приняты толщиной от 1,5 до 3 мм. Боковая стена и перекрытие со стрингерами и шпангоутами выполнены как одно целое и обшиты нержавеющей сталью марки I.4300. Свод-оболочка крыши имеет конструкцию типа «Сэндвич» и выполнена из полиэфира, армированного стекловолокном, с сердцевинной из пропитанных бумажных сот или поливинилхлоридного пенопласта. Вес каркаса вагона секции ДТ2, включая размещенные на раме аккумуляторные ящики и ниши с приборами, составляет 3660 кг, т. е. снизился на 40% по сравнению с вагоном типа ДТ1 такой же длины и изготовленного из конструкционных сталей. Вес каркаса кузова прицепного вагона ДТ2 — 2750 кг.

Позже в вагонах ДТ2 была применена наружная обшивка из хромоникелевой стали 1.4301, покрытой для защиты от коррозии лаком на основе синтетических смол. Сварной кузов несущей облегченной конструкции рассчитан на статическое давление на бугер 80 т. Рама выполнена из стали марки St52, а каркас кузова — из стали марки St37. Внутренние поверхности листов покрыты слоем пробковых опилок толщиной 5 мм для защиты от шумов, воздействия температур и конденсата.

Через два года было обнаружено сильное пожелтение и отслаивание лакового покрытия обшивки. После замены чугунных тормозных колодок пластмассовыми, налеты ржавчины уменьшились настолько, что от лакового покрытия отказались. Вагоны с обшивкой из высококачественной ста-

\* Обзор ряда зарубежных журналов.

дл отлично зарекомендовали себя в эксплуатации.

Стоимость вагона с обшивкой из высококачественной стали по сравнению с обычной обшивкой с защитной окраской значительно увеличивается. Но при этом отпадают текущие расходы на улучшение и обновление защитной окраски, а также на устранение коррозионных повреждений. Таким образом, обшивка из высококачественной стали оказывается более рентабельной. Кроме того, применение тонких листов и отсутствие окраски, хотя и незначительно, но снижают вес вагона.

Вагоны фирмы «St. Louis Car» (США) типа R-40 сочленены в двухвагонные секции. Боковые, хребтовая и шкорневая балки выполнены из высокопрочной стали марки T-1, а все прочие элементы рамы и несущие элементы кузова — из низколегированной высокопрочной стали. Рифленая и гладкая обшивка боковых стенок изготовлена из нержавеющей стали. Рифленая и гладкая обшивка боковых стоек из нержавеющей стали, крыша — из алюминия. Длина вагона по осям сцепления автосцепок 18352 мм, ширина — 3048 мм, высота от головки рельса до крыши — 3708 мм.

Двадцать новых вагонов постройки фирмы «Pullman — Standard» длиной 21335 мм (тара — 29,5) рассчитаны на максимальную скорость — 96 км/ч. Кузов изготовлен, главным образом, из нержавеющей стали, головная часть отштампована из стеклопластика.

Применение нержавеющей стали снижает вес вагонов, уменьшает расходы на текущее содержание и обеспечивает более продолжительный срок службы. Уменьшение веса способствует экономии энергии при разгоне и повышению эффективности торможения вагонов, а также достижению более высоких скоростей движения.

По расчетам французских специалистов, при уменьшении веса поезда за счет применения нержавеющей стали на 5% экономится 10% электроэнергии и сокращается время движения на 1,2%. При одинаковом времени движения экономия энергии составляет 13,5%. Вес каркаса кузова из нержавеющей стали уменьшается на 900 кг или на 19% по сравнению с кузовом такого же типа из углеродистой стали.

Нашли применение также конструкции вагонов из стали и алюминия. Так, вагоны для линии Виктория Лондонского метрополитена имеют стальную клепанно-сварную раму и стальные листы пола, а элементы каркаса кузова, листы крыши и обшивки выполнены из алюминиевого сплава. Использование проката из алюминиевого сплава является новым для подвижного состава метрополитена. Это позволяет уменьшить стоимость изготовления и улучшить внешний вид вагона. Стойки кузова выполнены из зетообразного профиля: наружные панели обшивки — из алюминиевого сплава толщиной

3,2 мм можно прикреплять к каркасу при помощи утопленных заклепок или на сварке.

Поезда будут составлены из четырехвагонных секций: по два моторных и прицепных в каждой. Длина по торцовым стенам кузова вагона — 16102 мм (прицепных — 15987 мм), ширина по нижним панелям 2643 мм, высота от уровня головки рельса до верха крыши — 2865 мм (до продольной балки рамы — 682 мм), база вагона — 10344 мм (тележки — 1206 мм), диаметр литых дисковых колес — 788 мм.

Моторные вагоны будут иметь вес около 31 т, а прицепные — примерно 21 т.

В г. Торонто (США) эксплуатируются вагоны метрополитена из стали и алюминия, в результате применения алюминия вес вагона снижен на 4722 кг.

Кузов изготовлен из прессованных алюминиевых профилей. Верхняя и нижняя обвязки кузова, дверные, угловые, промежуточные стойки, угловые стойки кабины управления, рамы наружных жалюзи и отделочные детали выполнены из прессованных профилей алюминиевого сплава Алкан 65 S (аналогичен отечественному сплаву АД-33), рама и ее детали — из высокопрочной низколегированной стали; прессованные профили обрешетки боковых стен — из алюминиевого сплава на сварке.

Эксплуатация вагонов показала, что расход электроэнергии составлял в среднем 4,4 квт.ч на вагоно-милю, т. е. на 8,3% меньше, чем у остальных (из малоуглеродистой стали) вагонов.

В городах Мюнхене и Нюрнберге (ФРГ) в результате проведенного конкурса пришли к выводу о целесообразности постройки вагонов метрополитена из алюминия. Все несущие конструктивные элементы выполнены из алюминиевого сплава Al Zn Mg I F 32/36 (аналогичен отечественному сплаву 1915); обшивка боковых стен и торцовые части — из сплава Al Mg, Mn (аналогичен отечественному сплаву Д12). Для сварки применены электроды из сплава S, Al, Mg5. Благодаря высокой коррозионной стойкости алюминия снизились расходы на защитное покрытие. Для этой цели использовали лак на основе изоацилатовой смолы.

Каркас кузова вагона длиной 18 м из легких сплавов весит около 2,7 т. Разница в весе наилегчайшего стального вагона и алюминиевого (в котором еще не полностью исчерпаны возможности алюминиевых конструкций) составляет 3 т. Вес шестивагонного поезда снижается на 18 т. В результате достигается значительная экономия электроэнергии. А это приводит к более низкому прогреву тоннелей и снижению затрат на тяжелые и дорогостоящие климатические установки.

В Вене по конкурсу также принята алюминиевая конструкция вагонов метрополитена, которая обеспечила заданный вес не более 500 кг/м<sup>2</sup>. По-

вышенная стоимость алюминиевых вагонов окупается за 2—3 года в результате снижения их веса на 2000 кг. Расходы на коррозионную защиту вагонов во время эксплуатации отпадают. Сокращаются затраты на содержание пути. В результате сниженного веса могут быть достигнуты более высокие пусковые ускорения и сокращены тормозные пути.

Берлинское акционерное общество городского транспорта к концу 1970 г. на подземных железных дорогах ввело в эксплуатацию 101 секцию из алюминиевых вагонов большого габарита. Это обеспечило при массе тары алюминиевого вагона большого габарита 35,3 т, малого — 31,2 т, соответственно уменьшение по сравнению со стальными вагонами на 12,5 и 7,3 т или 26 и 19%.

Решающим фактором для перехода на алюминий было снижение расходов на электроэнергию. На линии метро, на которой эксплуатируются только алюминиевые вагоны, расход электроэнергии сократился на 15,3%.

В Токио для строящихся линий метро предусмотрены сварные неокрашенные алюминиевые вагоны. По сравнению со стальным кузовом с обшивкой из высококачественной стали вес алюминиевого кузова снижен на 4100 кг или 56,6%. Масса тары вагона составила 29000 кг, т. е. уменьшена на 15,5% при одинаковой нагрузке. Годовые расходы на электроэнергию снижены на 12,4%.

Для вагонов метро Милана (Италия) вес несущего кузова из алюминия снижен по сравнению с весом стального на 50%, вес оборудованного кузова на 37,2%. Уменьшение массы тары вагонов на 17,7% снизило расходы электроэнергии на 16%. И это несмотря на увеличение веса электрооборудования в результате повышения напряжения в контактной сети с 750 до 1500 в, увеличения суммарной мощности двигателей до 540 квт и максимальной скорости движения с 80 до 90 км/ч. Цельносварная алюминиевая конструкция вагона оказалась более простой в изготовлении, чем соответствующая конструкция из стали. Свободный выбор поперечных сечений алюминиевых профилей способствовал резкому сокращению сварочных работ.

До последнего времени из-за ограниченных размеров поперечного очертания подвижного состава метрополитена в цельнонесущих конструкциях рамы кузова продолжали изготавливать из стали. Управлением Лондонского транспорта изучалась возможность применения алюминия в качестве материала для рам вагонных тележек. В результате для главных конструктивных элементов был выбран алюминий-магний сплав (Британский стандарт 1470—77), не поддающийся термообработке и не имеющий высокой прочности при статическом растяжении, но обладающий большой вязкостью и хорошими усталостными характеристиками, что позволяет обеспечить достаточную усталостную прочность при малой толщине элементов конструкции. Принятый сплав хорошо поддается сварке, кроме того,

# ЭКСПРЕСС-МЕТРОПОЛИТЕНА

Г. БОЛОНЕНКОВ, канд. техн. наук

**РОСТ** территорий крупнейших городов мира, интенсивные транспортные связи их с пригородными районами обуславливают увеличение средних дальностей поездок на метрополитене и пригородных железнодорожных линиях. Оптимальная длина перегона на линиях метро — 1,5 км — позволяет развивать среднюю скорость сообщения около 40 км/ч, что не соответствует требованиям высокоскоростных сообщений на диаметрах большой протяженности и особенно на вылетных линиях в пригородные районы.

Средняя скорость движения электропоездов на железнодорожных диаметрах также не обеспечивает сокращения затрат времени населения. Так, средняя дальность поездки на метрополитене в Москве составляет 10 км (к 1980 г. она увеличится до 12 км), а по Московскому железнодорожному узлу 35 км. На поездку в поезде метрополитена от станции «Речной вокзал» до «Каховской» или от станции «Молодежная» до «Щелковской» пассажир затрачивает 50—60 мин. Если же эти диаметры продлить хотя бы до границ территории Москвы, то потребуется около 80 мин. При сооружении вылетных линий метрополитена в зоны массового отдыха, например, Клязьминское водохранилище, и для связей с крупнейшими аэропортами Шереметьево, Внуково, Домодедово затраты времени на поездку до центра составят 80 мин, а по диаметру около 2,5 ч. К этому следует добавить еще время на передвижение к станциям и от них по 15 мин, спуски-подъемы и переходы в пределах станции — 6 мин. и ожидание поезда — 1 мин.

С удлинением отдельных диаметров метрополитена (Горьковско-Замоскворецкий, Ждановско-Краснопресненский и др.) увеличивается не только средняя дальность поездки, но и концентрация пассажиропотоков в часы «пик» на отдельных участках линий, что вызывает переполнение подвижного состава. Уже в настоящее время на ряде участков сети Московского метрополитена провозная способность не соответствует интенсивности пассажиропотоков, поэтому возникает не-

обходимость применения параллельных дублирующих линий, которые могли бы разгрузить основные.

Следовательно, развитие региональных систем расселения и крупнейших агломераций требует применения удобных транспортных связей на значительные расстояния. Осуществление же массовых интенсивных перевозок пассажиров на большие расстояния и увеличение скоростей сообщения в условиях малых длин перегонов обуславливают необходимость создания новых видов скоростного транспорта, которые могут найти применение как в тоннелях метрополитена, так и на линиях пригородных железных дорог.

Во Франции фирма «Сосьете де аэротран» провела испытания аппарата на воздушной подушке, получившего название «Аэротран». В зависимости от длины перегона, аппарат может развивать скорость 120—300 км/ч. Первый образец аэропоезда с бесшумным газотурбинным двигателем мощностью 250 л. с. предполагается использовать для регулярных пассажирских сообщений на участке между Парижем и Орлеаном протяженностью 90 км. Вместимость вагона аэропоезда 84 пассажира. На этом участке аэропоезд будет развивать скорость до 270 км/ч. Благодаря воздушной подушке пассажиры не будут ощущать неровности бетонной эстакады. Конструктивные узлы и детали рассчитаны на безопасное и удобное движение поезда с максимальной скоростью до 400 км/ч.

Специалисты полагают, что поезд на воздушной подушке может быть использован и для движения в тоннелях Парижского метрополитена, но с применением электродвигателей. В этом случае скорость будет составлять 100—120 км/ч.

Экспериментальные испытания позволили сделать вывод, что для больших скоростей наиболее идеальным транспортным средством является вагон на воздушной подушке. При этом исключается сопротивление трения о путь, нагрузка равномерно распределяется на всю площадь соприкосновения вагона с путем. Кроме того, конструкция позволяет снизить общий вес и необходимую мощность двигателей.

его высокая коррозионная стойкость исключает необходимость применения защитной окраски. Испытания вагонов с тележками из алюминия дали положительные результаты. В дальнейшем тележки с алюминиевой рамой целесообразно изготавливать из штампованных элементов, что даст дополнительную экономию материала.

Американской фирмой «Kaiser Aluminium and Chemical Corporation» для скоростной транспортной системы БАРТ была изготовлена опытная тележка с алюминиевой рамой из сплава 5083 (Al Mg Mn). Этой же фирмой выпущено 2000 вагонных колес с алюминиевыми дисками из сплава 6061—T6 (Al Mg Si), которые обеспечивают снижение массы тары на 820 кг на вагон и уровня шума по сравнению со стальными колесами. В

стальном колесе свободные колебания затухают через 20 сек, а в алюминии — через 10 сек.

Опыт производства вагонов метро из алюминиевых сплавов имеется также и в Советском Союзе. Мытищинским машиностроительным заводом изготовлены образцы вагонов серии «И». В результате применения алюминия (листы обшивки кузова из сплава АМг-6, а силовые профили, прессованные из сплава 1915) масса тары вагона снижена на 3 т.

Средняя стоимость электроэнергии, расходуемой на передвижение 1 т массы вагона, на Московском метрополитене составляет примерно 150 руб. в год. Следовательно, уменьшение массы тары на 3 т дает экономию в сумме 450 руб. в год на один вагон. Учитывая снижение стоимости в результате того, что отпада-

ет необходимость окраски как при изготовлении, так и при эксплуатации вагонов, а также уменьшение расходов на содержание пути, повышение долговечности тяговых двигателей и электрической аппаратуры (за счет снижения пиковых нагрузок при пуске) и другие факторы, можно предположить, что выполненные из алюминия кузова вагонов метро обеспечат ежегодный народнохозяйственный эффект в сумме 600—700 руб., т. е. первоначальные дополнительные затраты окупятся в течение 3—4 лет.

Таким образом, анализ опыта постройки и эксплуатации вагонов метро с применением нержавеющей стали и алюминиевых сплавов показывает техническую и экономическую целесообразность резкого увеличения парка таких вагонов в СССР в десятилетке.

Для движения колесного транспорта со скоростью 200 км/ч потребовалось бы значительное увеличение мощности двигателей для преодоления сил трения и веса колесных вагонов, при этом ухудшились бы условия безопасности движения по рельсам и затруднился токосъем.

Допустимые уровни шума ограничивают применение в городе аэропоездов с авиационными двигателями. В Лионе (Франция) построена экспериментальная линия для движения экипажей на вакуумной подушке с линейными индукционными двигателями. Эта система скоростного транспорта получила название «URBA». Такие поезда могут курсировать в тоннелях метрополитена и развивать скорости до 200 км/ч в зависимости от длины перегонов.

Таким образом, решена техническая проблема создания нового подвижного состава, который может в определенных условиях развивать высокие скорости сообщения и являться экономически эффективным средством по расходу энергии. Задача состоит в создании условий для безостановочного движения электропоездов на участках значительной протяженности, но с малыми длинами перегонов для обеспечения высоких скоростей сообщения. Этому требованию соответствует организация движения с остановками только в основных узловых пунктах пересадки с несколькими направлениями, т. е. система, названная экспресс-метрополитеном. В настоящее время вышли из стадии экспериментальных испытаний и успешно эксплуатируются линии экспресс-метрополитена на направлениях большой протяженности с наиболее мощными пассажиропотоками в Нью-Йорке, Париже, Сан-Франциско и других городах, обеспечивающие среднюю скорость до 80 км/ч.

В Париже уже в 1970 г. открылось движение на линии экспресс-метрополитена Восток — Запад, которая продолжается в пригородный район в восточном направлении. Протяженность регионального диаметра в пределах города составляет 46,5 км, из которых 20 км проложены в тоннелях под центром Парижа. В этом районе размещаются пять удобных пересадочных станций на другие линии метрополитена и тупиковые железные дороги.

Продолжается строительство еще двух региональных экспресс-линий Север — Юг — А и В. Диаметр А имеет совмещенную станцию пересадки на диаметр В, кроме того в центре будет построена станция пересадки на экспресс-линию Восток — Запад; в юго-восточной части пригородного района диаметр А соединит новый город Тижери-Льезен с центром Парижа. Диаметр В обеспечит скоростные связи с центром Парижа и между собой двух новых городов пригородного района — Трап и Сержи Понтуаэ. Предусматривается также подземная станция пересадки на линию Восток — Запад.

Поезда экспресс-линий состоят из трехвагонных секций по три в составе. В секцию входят два моторных и один прицепной вагон, что обеспечивает электропоезду высокие ускорения — 1,2 м/сек<sup>2</sup>. Длина поезда — 125 м, вместимость — 2500 пассажиров, в том числе 600 мест для сидения. При максимальной скорости поездов 100 км/ч средняя составляет около 70 км/ч. При интервале движения поездов 2,5 мин провозная способность системы метрополитена и экспресс-линий — 60 тыс. пассажиров в час в одном направлении.

Протяженность сети экспресс-метрополитена Сан-Франциско составляет 121 км. Метрополитен имеет наземные, подземные и эстакадные станции. Подземные станции строятся тремя тоннелями — два рядом и третий под ними. Нижний тоннель в будущем предполагается использовать для движения поездов с ограниченным числом остановок.

На территории города экспресс-линии сооружаются в тоннелях и имеют удобные станции пересадки на метрополитен. Станции расположены на расстоянии 4—6 км в основных районах и общегородском центре.

Линии оборудованы путевыми устройствами локомотивной сигнализации с автоматическим регулированием скорости без наполных светофоров и с бесстыковыми рельсовыми цепями. Пропускная способность линий — 40 пар 15-вагонных составов в час при времени стоянки 20 сек. Поезда обтекаемой формы с нижним боковым токосъемом имеют конструктивную скорость — 128 км/ч, ускорение-замедление — 1,2 м/сек<sup>2</sup> и обеспечивают среднюю скорость сообщения — 80 км/ч.

Подземные экспресс-линии могут иметь самостоятельную трассу, не совпадающую с направлением линии метрополитена, или дублировать наиболее перегруженные его участки.

При совмещенных трассах тоннели экспресс-линий располагают с внешней стороны существующих тоннелей метрополитена, чтобы избежать дорогостоящих работ по реконструкции станции. В этом случае сооружают дополнительные станционные тоннели и устраивают совмещенные платформы, обеспечивающие удобную пересадку пассажиров из вагонов поездов метрополитена в вагоны экспресс-поездов попутного следования.

В настоящее время организация движения поездов на линиях метрополитена осуществляется по параллельным графикам движения, при которых поезда имеют остановки на всех станциях. Это позволяет наиболее полно использовать пропускную способность линий и создает удобства пассажирам.

На линиях экспресс-метрополитена применяется зонный непараллельный график движения при использовании одного пути, по которому поезда движутся с различными скоростями. Так называемые поезда «тихоходы» имеют остановки на всех пунктах, а «скорые» — только на основных узловых станциях, где пассажиры имеют возможность совершить пересадку.

Расстояние между зонными станциями  $L$  определяется, исходя из следующего условия:

$$0,25 (K + 7) \cdot J V_T \geq L \geq 2,5 J V_T,$$

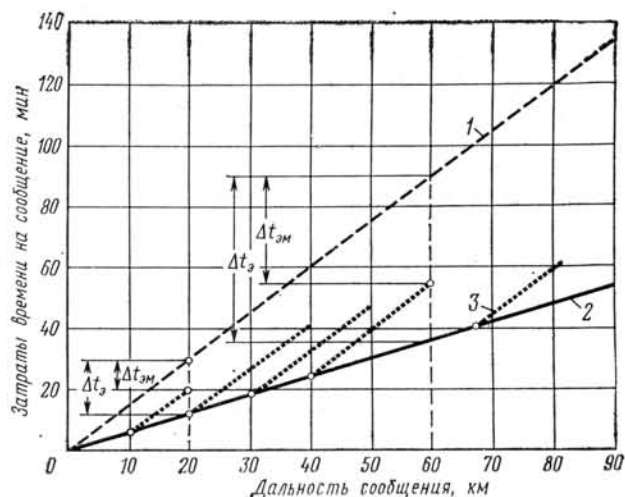
где  $K$  — число поездов в периоде графика;  
 $J$  — интервал между поездами-тихоходами;  
 $V_T$  — скорость сообщения поезда-тихохода.

При зонном обгонном графике имеется возможность повысить скорость сообщения поездов в среднем в 1,5 раза. Экономия времени  $t_3$  на поездку в результате сокращения числа остановок по сравнению с параллельным графиком составит:

$$t_3 = (2n - K - 1,5) J,$$

где  $n$  — зона, куда совершает поездку пассажир.

При большом числе остановочных пунктов и значительных размерах движения (более 40 поездов в час в одном направлении) возникает необходимость специализации путей одного направления: по одному пути происходит движение поездов-экспрессов с остановками только на основных зонных станциях (например, «Речной вокзал», «Аэровокзал», «Пушкинская площадь», «Павелецкая»), а по другому — поездов-«тихоходов» с остановками на всех пунктах (так называемый «двойной параллельный» график). Двойной параллельный график движения имеет преимущества параллельного и зонно-



**Затраты времени пассажирами на проезд поездами:**  
 1 — метрополитена со средней скоростью 40 км/ч; 2 — экспресс-метрополитена со скоростью 100 км/ч; 3 — со средней скоростью 40 км/ч при организации пересадки в поезда экспресс-метрополитена со скоростью 100 км/ч;  $\Delta t_3$  — экономия времени пассажирами при поездках в поездах экспресс-метрополитена по сравнению с поездами метрополитена;  $\Delta t_{3м}$  — экономия времени пассажиров при поездках в поездах-скорых с пересадкой на поезда-тихоходы по сравнению с поездкой в поездах метрополитена



го непараллельного графиков и свободен от их недостатков. Он обеспечивает движение поездов по всем остановочным пунктам сети метрополитена с одинаковыми интервалами; позволяет повысить скорость движения поездов-экспрессов в результате увеличения длины перегона при безостановочном следовании внутри каждой зоны. Пассажиры основных зонных станций уменьшают затраты времени при экспрессном движении поездов на 60%, что при дальности поездки 10 км составляет 9 мин, а при дальности 20 км — 54 мин. Пассажиры же промежуточных станций также сокращают время на поездку за счет экспрессных сообщений, несмотря на потери времени при пересадках на поезда-скоростные (см. рисунок).

Система экспресс-метрополитена предусматривает беспересадочные пригородно-городские сообщения и работу подвижного состава как в тоннелях, так и на наземных участках железнодорожных линий, поэтому предпочтительнее использовать пригородные электропоезда. Для этого необходимо увеличить диаметр тоннелей с 5,6 до 7,4 м, что обусловит увеличение стоимости их сооружения. Однако общая стоимость строительства не превысит стоимости линий метрополитена, так как сократится число станций и возрастет протяженность участков открытого типа в периферийных районах города и пригородной зоне.

Увеличение средней дальности поездки на метрополитене вызовет перераспределение здесь объемов перевозок на уличных видах транспорта. При этом резко увеличивается удельный вес метрополитена по количеству пассажиро-километров.

Анализ кривых распределения числа пассажиров по дальности поездки показывает, что с увеличением дальности удельный вес метрополитена Москвы по количеству пассажиро-километров по сравнению с 32% в 1970 г. возрастет до 38% в 1980 г., до 46% в 1990 г. и до 55% в 2000 г.

В настоящее время пассажир, пользующийся метрополитеном, в среднем затрачивает на поездку 25 мин с учетом времени на подходы к станциям, на переходы, спуски-подъемы и ожидание поезда, а в перспективе появится возможность уменьшить время до 19 мин. Исходя из требования обеспечить сокращение к 2000 г. средних общих затрат времени на передвижение от места жительства к месту работы до 30 мин, а максимальных — до 45 мин, можно определить среднюю скорость сообщения, которую должна иметь транспортная система в городе Москве (табл. 1).

Таблица 1

Показатели	Расчетные годы			
	1970	1980	1990	2000
Средняя дальность поездки на всех видах транспорта, км				
во внутригородском сообщении . . . . .	6,8	7,0	7,2	7,4
в пригородном сообщении . . . . .	18,0	19,0	19,5	20,0
Средние затраты времени в мин:				
на передвижение . . . . .	45	40	35	30
на поездку во внутригородском сообщении . . . . .	20	18	14	11
Необходимая для обеспечения допустимых затрат времени средняя скорость транспортной системы, км/ч . . . . .	20,4	22,0	30,0	40,4
Удельный вес скоростного транспорта по количеству пассажиро-км . . . . .	0,32	0,38	0,46	0,55

Для обеспечения высоких скоростей транспортной системы потребуется транспорт, имеющий скорости значительно выше чем метрополитен. Величину средней скорости сообщения системы скоростного транспорта  $V_{ск}$ , состоящей из линий метрополитена и экспресс-метрополитена, можно определить по следующей формуле:

$$V_{ск} = \frac{V_{ср} - V_y(1 - \gamma_{ск})}{\gamma_{ск}},$$

где  $V_{ср}$ ,  $V_y$  — средняя скорость сообщения соответственно всех видов транспорта и уличного, км/ч;

$\gamma_{ск}$  — удельный вес по пассажирообороту скоростного транспорта.

Удельный вес экспресс-метрополитена в системе скоростного транспорта  $\alpha_э$  составит:

$$\alpha_э = \frac{V_{ск} - V_M}{V_э - V_M},$$

где  $V_{ск}$ ,  $V_M$ ,  $V_э$  — средняя скорость сообщения соответственно системы скоростного транспорта, метрополитена и экспресс-метрополитена, км/ч.

Необходимую протяженность сети метрополитена  $L_M$  и экспресс-метрополитена  $L_э$ , находим из выражений:

$$L_M = \frac{H \gamma_M (1 - \alpha_э)}{R_{6,y}^M}; \quad L_э = \frac{H \gamma_M \alpha_э}{R_{6,y}^э},$$

где  $H$  — пассажирооборот транспортной системы, млн. пасс-км в год;

$R_{6,y}^M$ ,  $R_{6,y}^э$  — безубыточный приведенный пассажиро-поток соответственно на метрополитене и экспресс-метрополитене, млн. пасс-км/км в год.

Полученный в результате расчетов вариант развития метрополитена Москвы на перспективу приведен в табл. 2.

Таблица 2

Показатели	Расчетные годы			
	1970	1980	1990	2000
Пассажирооборот транспортной системы, млн. пасс-км . . . . .	44500	53400	62400	70400
Удельный вес по пассажирообороту системы скоростного транспорта . . . . .	0,32	0,38	0,46	0,55
в том числе метрополитена . . . . .	0,32	0,38	0,322	0,22
экспресс-метрополитена . . . . .	—	—	0,138	0,33
Пассажирооборот на линиях, млн. пасс-км в год				
метрополитена . . . . .	14200	20300	20100	15500
экспресс-метрополитена . . . . .	—	—	8600	23300
Безубыточные приведенные пассажиро-потоки, млн. пасс-км/км в год по				
метрополитену . . . . .	90	90	80	70
экспресс-метрополитену . . . . .	—	—	120	120
Протяженность сети скоростного транспорта, км . . . . .	158	226	324	416
в том числе метрополитена . . . . .	158	226	252	222
экспресс-метрополитена . . . . .	—	—	72	194

Из табл. 2 видно, что необходимая для обеспечения заданных нормативов времени протяженность линий скоростного транспорта не превышает установленную институтом Генплана Москвы сеть метрополитена, но скорость сообщения к 1990 и 2000 г. на отдельных направлениях, имеющих большие дальности поездки, должна быть более 40 км/ч, т. е. в системе метрополитена нужно иметь линии экспресс-метрополитена, которые на 1990 г. составляют 72 км, а на 2000 г. — 194 км.

Линии экспресс-метрополитена Москвы должны входить в единую систему скоростного транспорта столицы и обеспечивать быстрые, удобные и беспересадочные связи по диаметральным направлениям внутригородского сообщения с ближайшими зонами массового отдыха, крупными населенными пунктами лесопаркового пояса и аэропортами.

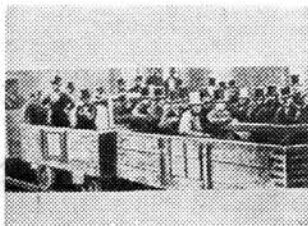
Сооружение в Москве качественно новых пригородно-городских наземно-подземных экспресс-линий метрополитена, оснащенных новым подвижным составом, который может обеспечить среднюю скорость сообщения не менее 100 км/ч, позволит решить проблему сокращения затрат времени в пригородно-городских сообщениях до 30 мин и удовлетворить требование массовых перевозок в часы «пик» с высокой степенью комфорта.

**М**ЕТРОПОЛИТЕНЫ эксплуатируются в 44 городах 27 стран мира и в 19 крупных городах находятся в стадии строительства.

**В** 1975 г. вступили в строй метрополитены Харькова, Ганновера, Бонна и Антверпена.

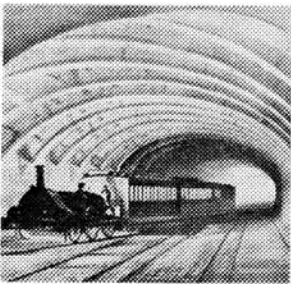
**О**ДОБРЕНЫ проекты строительства метрополитенов в Бухаресте, Тегеране, Гаване, Каире, Косабланке.

**С**АМЫМ старым метрополитеном мира является лондонская подземка или, как ее здесь называют, «труба». Предполагалось, что по этому тоннелю наряду с пассажирскими будут ходить и грузовые поезда. 9 января 1863 г. по первой линии поехали первые пассажиры: после торжественного банкета 700 человек были посажены на открытые платформы для перевозки скота. На конечной станции



под звуки оркестра заочпченные пассажиры стряхивали с себя сажу. Дело в том, что в метро в качестве тяги использовались локомотивы с главных железнодорожных путей. Несмотря на все неудобства, за первый год метро перевезло почти 9,5 млн. человек.

4 ноября 1890 года в Лондоне была открыта первая электрифицированная линия, а последний паровоз прошел здесь в 1903 году.



## ПЕСТРЫЕ ФАКТЫ

**С**АМОЕ длинное метро — Нью-Йоркское. Его протяженность 410 км, а общая длина путей составляет 1156 км. На 40 линиях расположено 490 станций.

**С**АМОЕ короткое метро — в Стамбуле. Открытое в 1874 году, оно имеет протяженность 610 м с двумя станциями. Однако эта «достопримечательность» перевозит в год 7—12 млн. человек.

**С**АМЫМ глубоким считается Пхеньянский метрополитен. Глубина заложения тоннелей и станций 100, а на отдельных участках более 100 метров.

**С**АМОЕ высокое метро расположено в Кордильерах, в городе Мехико. Оно находится на высоте 2279 метров над уровнем моря.

**М**УНИЦИПАЛЬНЫЙ совет Ниццы решил построить в городе подземное метро, протяженность которого в общей сложности составит 25 километров. Проектом предусматривается создание небольших, на 4—10 пассажирских мест, вагончиков, которые будут ходить со средней скоростью 50 километров в час. Каждый километр метропути обойдется городу в 15—20 миллионов франков.

**С**АМАЯ длинная платформа станции метро находится в центральной части Чикаго. Длина подземного зала станции 1,1 км; платформа островного типа имеет ширину 6,7 м и соединена с 8 вестибюлями. Вдоль нее могут размещаться три состава.

**Н**ЬЮ-ЙОРК вполне мог бы претендовать на титул самого грязного города мира. Его тротуары покрывает «ковер» жевательной резинки, обрывков газет, битого стекла и пустых консервных банок. На некоторых улицах скопилось столько мусора, что автомобили превратили его в настоящее дорожное покрытие. На станциях и в вагонах метро пассажирам приходится преодолевать мусорные барьеры, в поездах невозможно сидеть, не рискуя испачкать одежду. И никто уже не возьмется оспаривать данные муниципалитета, согласно которым нью-йоркцы ежедневно «производят» 30 тысяч тонн мусора.

**Н**А МЕТРОПОЛИТЕНЕ Глазго нет конечных станций: линия метрополитена кольцевая. В период своего возникновения метро представляло собой подземную конку — два вагончика тащили по тоннелю лошади. Сеть до сих пор не расширялась и имеет протяженность 10,5 км с 15 станциями. В 1936 г. линия была электрифицирована. Сейчас метрополитен обслуживается двухвагонными составами.

**В** ЧИКАГО и Лондоне существуют грузовые метрополитены. Чикагский грузовой метрополитен имеет протяженность более 100 км и обслуживает крупные магазины, склады, рынки и

железнодорожные станции. Ширина колеи этого метрополитена 610 мм. Малогабаритный подвижной состав перевозит в год около 1 млн. тонн различных грузов.



Лондонский грузовой метрополитен обслуживает главным образом почтовые перевозки. Линии грузового метрополитена глубокого заложения связывают почтамт, железнодорожные вокзалы и почтовые отделения. Движение поездов осуществляется автоматически.

**В** ШЕСТИ городах мира имеются линии метро с подвижным составом на пневмошинах. Первенцем в этом виде подвижного состава является Парижский метрополитен, начавший эксплуатацию еще в 50-х годах. Сейчас 4 линии (11, 1, 4 и 6) переведены на эксплуатацию с вагонами на пневмоходу. Интересно, что в Мехико, Монреале и Сантьяго ходят вагоны на пневмошинах, изготовленные во Франции. С помощью французских специалистов сооружена одна из линий Миланского метро, также на пневмошинах. Аналогичную систему имеет японский метрополитен в Саппоро.

**А**ВТОР метода щитовой проходки английский инженер Брюнель взял патент на тоннельный щит в 1818 году.

**Т**ЕРМИН «щит» (вместо употребляемого «цилиндр» или «камера») впервые упоминается в патенте, выданном в 1866 году инженеру Мартону.

**ПАТЕНТ** на «движущуюся лестницу для транспорта людей» был заявлен впервые в 1892 г. Д. Рено в Нью-Йорке. Эта конструкция представляла собой транспортное устройство непрерывного действия, напоминающее обычный ленточный транспортер. Практическое применение эскалаторов со ступенчатым полотном началось в начале XX века. Первый пущенный в эксплуатацию эскалатор был построен в 1900 г. Нью-Йорке фирмой «Отис элеватор компани». После демонстрации в том же году на Парижской всемирной выставке его перевезли обратно в Соединенные Штаты и установили в филиальном филиале универмага «Гимбел бросерс».

**ИЗ ПАМЯТКИ** первого пассажира метрополитена: «Проезд снаружи вагона в тоннелях грозит смертельной опасностью».

**В БУДАПЕШТЕ** существует единственный в своем роде музей метро. Он расположен в неиспользуемом тоннеле старой линии. Среди экспонатов можно увидеть настоящий поезд, построенный еще в 1896 г. Постоянно действующая экспозиция с помощью уникальных чертежей и фотографий рассказывает об истории развития одного из старых метрополитенов континента.

**В НАШ** «транспортный век» поезда опаздывают редко. Тем более удивительно узнать об опоздании поезда более чем на ...сто лет.

В Лондоне начаты поиски поезда метро, отправившегося с одной из станций в южной части города в 1865 году. До сих пор поезд не вернулся в депо. Экспериментальный локомотив двигался при помощи сжатого воздуха. Ветераны «общества любителей лондонского метро» (есть и такое в английской столице) считают, что он «потерялся» в заброшенном тоннеле под одной из площадей города. Группа доб-

ровольцев начала копать траншею в парке на площади в надежде обнаружить тоннель. Если энтузиасты поиска найдут поезд, то он будет выставлен в музей.

**ДЛЯ РАДИУСА** лондонского метро «Пикадилли» поступило 80 новых вагонов. Однако они оказались слишком высокими и не проходили в тоннель. Беда усугублялась тем, что это была только первая партия из заказанных дирекцией 800 таких вагонов. Представитель лондонского управления городского транспорта заявил, что придется опустить ниже колею. Во что это обойдется и сколько времени это займет, пока не известно.

**ПОСЛЕ** каждой крупной футбольной победы, как и после крупного поражения, английские болельщики неизменно громят пивные, ломают ограды стадионов, устраивают драки. Особый ущерб футбольные и прочие вандалы наносят железным дорогам и метро: бьют стекла, режут сиденья, ломают двери... Недавно было решено оснастить лондонское метро крупными телекамерами. Они будут действовать по принципу мониторов, какие применяются при репортажах с футбольных матчей: наиболее «интересные» места можно будет для установления личностей хулиганов и других полицейских нужд прокрутить заново. На некоторых станциях метро, тех, что известны особенно буйными налетами хулиганов, телеустановки уже работают. Они обошлись в 200 тысяч фунтов стерлингов.

**ДВЕ ШКОЛЬНИЦЫ** из Тараханского района, приехав в Киев на экскурсию, решили прокатиться в метро. Как только голубой экспресс остановился на станции «Университетская», старшая, третьеклассница, села в вагон. Младшая, рассматривая украшение станции, подбежала к поезду, когда тот уже начал отходить. Увидев, что последний

вагон скрылся в тоннеле, восьмилетняя девочка, не раздумывая, прыгнула с платформы на колею и побежала по шпалам, догоняя красный огонек поезда.

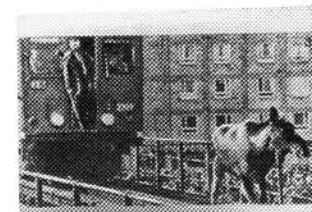
В это время к «Университетской» подошел другой поезд. Ничего не подозревавшие машинист Е. У. Найчук и помощник машиниста В. В. Аксенов повели вагоны по маршруту. И вдруг в луче головного прожектора между рельсами они заметили ребенка. Немедленно были включены экстренные тормоза. А через несколько секунд девочка была в кабине. Машинист привел экспресс к станции «Вокзальная» и передал спасенного ребенка дежурному милиционеру. Вскоре нашлась и другая путешественница, ее разыскали по радио. Незадачливых экскурсанток передали родителям. Исполняющий обязанности начальника Киевского метрополитена Р. А. Заграничный за высокую бдительность и своевременные меры по экстренной остановке поезда объявил благодарность локомотивной бригаде в составе Е. У. Найчука и В. В. Аксенова. Машинист и его помощник премированы.

**НЕСКОЛЬКО** лет назад во Франции было замечено быстрое уменьшение в обращении старого французского франка. Вскоре выяснилось, что он в точности соответствует по весу и размерам нью-йоркским жетонам на проезд в метро. Этим незамедлили воспользоваться предприимчивые дельцы. Во второй раз городская казна, и без того терпящая финансовые трудности, недосчиталась более миллиона долларов из-за появления в обращении поддельных жетонов. Вскоре был арестован владелец «жетонной фабрики», выпускавшей по 100 тысяч жетонов в месяц.

**КАК-ТО** в утренние часы «пик» в Стокгольме на целый час было остановлено движение в метро и сто тысяч человек опоздали на работу. Виновница происше-

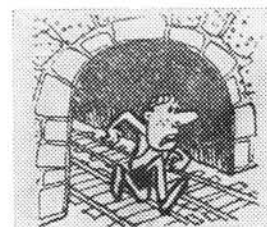
ствия — белка, проникшая в один из трансформаторов метро. Пробегающая между рубильниками, зверек вызвал короткое замыкание.

**ОДНАЖДЫ** лесной пришелец — лось посетил Стокгольмское метро, превратив движение на одной из линий. Больших трудов стоило работникам зоопарка Скансен избавиться от незадачливого путешественника.



**КОГДА** строили тоннель между станциями «Новослободская» — «Ботанический сад», его «навестила» сбжавшая из соседнего уголка Дурова обезьяна.

**АНГЛИЙСКИМ** студентом установлен мировой рекорд по бегу в тоннелях метро:



270 станций Парижского метро он преодолел за 11 часов 13 минут, а 273 станции Лондонского метро — за 12 часов.

**ОДИН** португальский инженер предложил открыть кино в тоннелях метро. Для этой цели он считает необходимым вдоль стенок тоннеля нанести краской рисунок из мультипликационного фильма. В этом случае перед пассажиром, сидящим у окна движущегося вагона, будет создана иллюзия несложного действия. Автор проекта полагает, что в скором будущем его «открытие» будет широко внедрено.