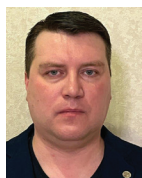
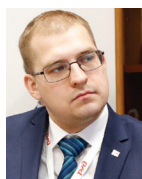


# Применение технологии «виртуальная сцепка» на участках БАМа



**А. А. Никонюк,**  
начальник Центра  
исследований и подготовки  
комплексных научных  
проектов АО «Научно-  
исследовательский  
и проектно-  
конструкторский  
институт  
информатизации,  
автоматизации и связи  
на железнодорожном  
транспорте»  
(АО «НИИАС»),



**А. П. Осипов,**  
технолог 1 категории  
АО «НИИАС»

В настоящее время БАМ имеет большое значение в экономике России. Одной из инноваций, ведущих к увеличению пропускной способности магистрали, является технология «виртуальная сцепка». За счет получения информации о координате и режиме следования впереди идущего поезда она позволяет повысить эффективность внедрения пакетного движения поездов и безопасность перевозочного процесса.

**Б**айкало-Амурская магистраль — одна из крупнейших железнодорожных магистралей в России, проходящая по территории Восточной Сибири и Дальнего Востока. Она соединяет западные и восточные регионы страны, а также является частью трансконтинентального маршрута, связывающего Европу и Азию.

БАМ с момента своего открытия имеет большое значение в развитии восточных регионов России. Не только строительство магистральных путей, но и подготовка к нему сопровождались интенсивным освоением регионов Дальнего Востока, по которым прокладывалась строящаяся железная дорога, и прилегающих к ней территорий. Здесь проводилась разработка месторождений полезных ископаемых, шло строительство предприятий для их переработки, создавались населенные пункты с социально-бытовой инфраструктурой [1].

Основным направлением грузопотоков по БАМу является Восток — Запад. Из Якутии, Амурской обл., Приморского и Хабаровского края добываемые там полезные ископаемые направляются в Западную Сибирь и европейскую часть России. В то же время часть грузов идет на экспорт через порты Дальнего Востока в Китай, Японию и другие страны Азиатско-Тихоокеанского региона. Также с запада на восток по БАМу транспортируются продукты нефтепереработки, удобрения, продовольствие и другие товары для снабжения восточных регионов России.

Таким образом, на сегодняшний день Байкало-амурская магистраль является местом как зарождения, так и погашения грузо- и поездопотоков. Грузообразующая роль обусловлена наличием в зоне тяготения БАМа крупных угольных (Не-

рюнгринское и Ургальское) и железорудных (Коршуновское и Рудногорское) месторождений, которые в настоящее время разрабатываются в промышленных объемах [2]. Погашение грузопотоков происходит за счет имеющихся на территории магистрали портов Ванино и Советская Гавань.

В последние годы из-за переориентации грузопотоков на Восток и вследствие этого быстрого истощения пропускной способности участков Транссибирской магистрали наблюдается тенденция к устойчивому росту потребности в использовании альтернативных способов доставки грузов в порты Приморского края и на пограничные пункты на границе с Китаем. В складывающихся условиях все большее значение приобретает транзитная роль Байкало-Амурской магистрали как хода, параллельного Транссибу.

Если в 2004 г. тарифный грузооборот БАМа составлял 42 788 млн т-км, то в 2023 г. произошел рост почти в два раза — до 75 138 млн т-км. Как следствие, магистраль ежегодно работает в условиях постоянного увеличения потребной пропускной способности. Несмотря на активную в последние годы позицию государства и ОАО «РЖД» по модернизации и реконструкции Байкало-Амурской магистрали, важную роль приобретают и технологические мероприятия по повышению наличной пропускной способности участка без вложений в развитие инфраструктуры.

## Характеристика главного хода БАМа

Главный ход Байкало-Амурской магистрали находится в пределах станций Тайшет и Советская Гавань-Сортировочная, его длина составляет 4300 км. На участке располагается более

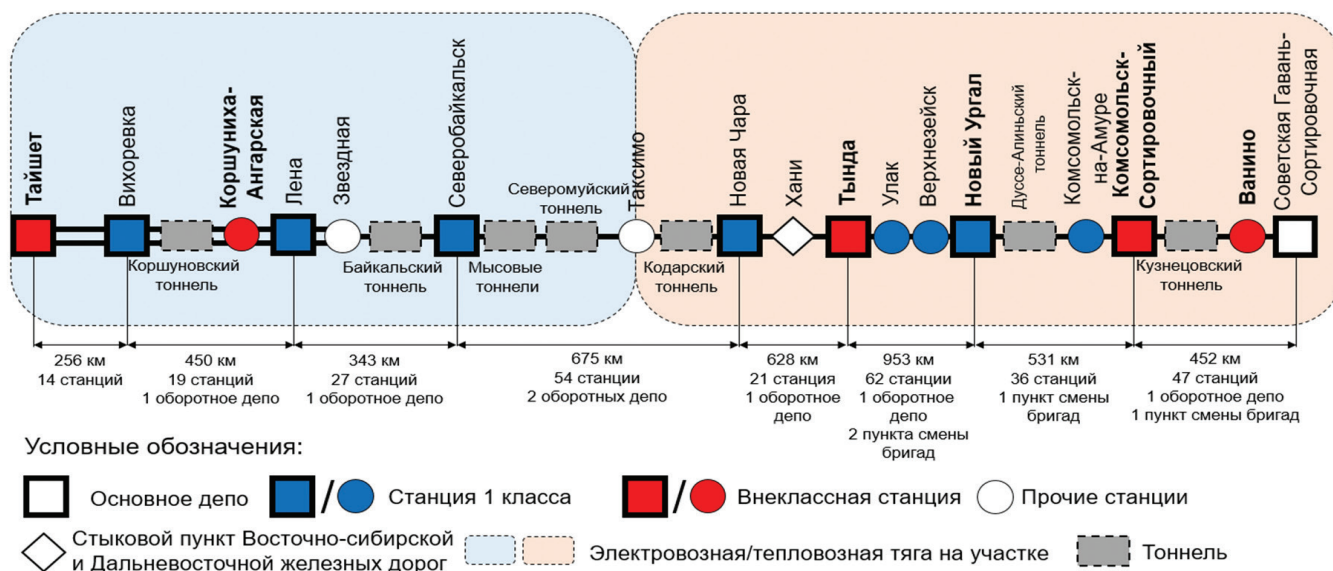


Рис. 1. Укрупненная схема участков Байкало-Амурской магистрали

300 станций и разъездов, из которых пять являются внеклассными станциями и восемь — первого класса. На всем протяжении магистраль имеет разное количество главных путей. Общая протяженность двухпутных перегонов составляет 1373 км, из них 780 км являются сплошным двухпутным участком Тайшет — Звездная, остальные — отдельными двухпутными перегонами, рассредоточенными по длине всей линии.

Участок главного хода характеризуется обилием S-образных кривых, тоннелей и мостов, наличием крутых уклонов. Из 10 тоннелей, располагающихся на участке, однопутными являются Кодарский, Кузнецовский, Северомуйский, Дуссе-Алинский и четыре Мысовых, двухпутными — Коршуновский и Байкальский. На ряде участков с наиболее сложным профилем организовано подталкивающее движение.

По всей длине Байкало-Амурская магистраль оснащена системой автоблокировки. Участок Новый Ургал — Комсомольск-Сортировочный (520 км) усилен системой автоблокировки с подвижными блоками. Тяговое обеспечение магистрали также неоднородно: участок Тайшет — Таксимо (1485 км) обслуживается электровозами, на остальной части линии организовано движение на автономной тяге. На БАМе располагается в общей сложности девять основных и шесть оборотных локомотивных депо. Укрупненная схема участков Байкало-Амурской магистрали представлена на рис. 1.

Таким образом, повышение пропускной способности является комплексной задачей, направленной на преодоление

действующих на участке инфраструктурных ограничений.

### Пути повышения пропускной способности

Условно мероприятия по повышению пропускной способности участков БАМа можно разделить на две большие группы: усиление инфраструктуры; повышение эффективности использования имеющейся инфраструктуры.

Характерными особенностями мероприятий первой группы, несмотря на заметное повышение пропускной способности, являются длительность реализации, высокая капиталоемкость, необходимость организации дополнительных мер (например, прокладка тоннелей при строительстве второго главного пути), что не позволяет использовать их в качестве оперативного ответа на неуклонный рост потребных размеров движения. Вместе с тем, в рамках долгосрочной перспективы развития БАМа данные мероприятия являются необходимыми [3].

Вторая группа направлена на совершенствование технологии перевозочного процесса. Основным мероприятием по повышению пропускной способности преимущественно однопутного участка (68 % протяженности главного хода) яв-

ляется организация пакетного движения поездов. Данная мера позволяет повысить пропускную способность в кратчайшие сроки без усиления инфраструктуры.

При пакетном движении поезда следуют группами на минимальном расстоянии, обеспечиваемом действующей на участке системой автоблокировки [4]. Основными преимуществами данного метода являются быстрота реализации и отсутствие капиталовложений. Фактическую организацию пакетного движения на участках БАМа осложняет ряд негативных факторов.

### Сдерживающие обстоятельства

На всем протяжении магистрали профиль является сложным, изобилующим большим количеством подъемов, которые приводят к регулярному замедлению поездов, что в одиночном следовании не является большой проблемой, но при пакетном движении приводит к дополнительному замедлению хода.

Неустойчивое движение пакета ведет к фактическому увеличению межпоездных интервалов и растягиванию поездов, что снижает эффективность применения пакетного движения. На участках с особенно сложным профилем создается дополнительный риск остановки поезда на

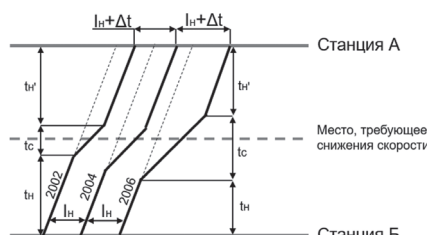


Рис. 2. Характер движения поездов в пакете при наличии на перегоне ограничения скорости  
 $I_n$  — межпоездный интервал в соответствии с графиком движения, мин;  $\Delta t$  — временные потери, вызванные впереди идущим поездом, мин;  $t_n$  — нормативное время хода, мин;  $t_c$  — время следования со сниженной скоростью, мин;  $t_{tr}$  — нормативное время хода после проследования места снижения скорости, мин

подходе к руководящему подъему или непосредственно на нем, в результате чего дальнейшее движение будет возможно только при наличии вспомогательного локомотива. В условиях однопутного участка подобного рода остановки могут стать причинами регулярных сбоев в движении без возможности их быстрого устранения, что негативным образом будет влиять на пропускную способность участков. Характер движения пакета поездов при наличии на перегоне места, требующего снижения скорости, представлен на рис. 2.

Наибольшее влияние сложного профиля на межпоездной интервал прослеживается на участках, оснащенных автоблокировкой с подвижными блоками. Отсутствие информации о впередиидущем поезде и различных границ блок-участков, а также постоянный риск образования скопления поездов перед крутым подъемом вынуждает машинистов следовать на увеличенном расстоянии друг от друга, что не позволяет получить преимущество при использовании новых систем автоблокировки.

Наличие участков подталкивания накладывает ограничение на количество поездов, движущихся в пакете. Величина одновременно подталкиваемых поездов напрямую зависит от числа локомотивов, работающих на участке подталкивания и их оборота. Превышение количества поездов в пакете над числом подталкивающих локомотивов приведет к дополнительным простоям в ожидании возвращения толкачей.

Последним значимым фактором является недостаточное количество приемоотправочных путей на большинстве раздельных пунктов Байкало-Амурской магистрали. В условиях развития пакетного движения потребуется их большее количество для организации обгонов и скрещений пакетов поездов. Превы-

шение количества поездов в пакете над средним числом приемоотправочных путей станет причиной длительных простоев поездов на станциях с достаточным количеством путей в ожидании обгона или скрещения и общему снижению участковой скорости движения.

К примеру, простой транзитного вагона без переработки в 2004 г. на станциях БАМа составлял 2,7 ч, а в 2023 г. — уже 10,8 ч. Участковая скорость движения грузового поезда снизилась к уровню 2004 г. с 35,1 км/ч до 29 км/ч. Фрагмент пакетного графика движения в условиях наличия и отсутствия достаточного путевого развития на станция представлен на рис. 3.

В условиях отсутствия мероприятий по увеличению числа приемоотправочных путей повышение эффективности пакетного движения возможно только в условиях непарного графика [5]. Его основным назначением является повышение размеров движения поездов в одном — преимущественном — направлении ценной снижения размеров движения неперемещенного.

Непарное движение поездов может быть применено в условиях, когда необходим интенсивный подвод груженых поездов к портам для выгрузки, либо пропуск порожнего поездопотока в условиях загрузки портовых мощностей. Таким образом, на одном участке преимущественное направление будет меняться в зависимости от конкретной ситуации. При организации непарного пакетного графика поезда преимущественного направления следуют в составе пакетов, а неперемещенного — одиночным порядком. Приоритет в движении в таком случае отдается преимущественному направлению. Таким образом, именно одиночные поезда останавливаются на станциях под скрещение с пакетами.

Применение непарного графика движения позволит преодолеть ограничения путевого развития ценной снижения показателей движения неперемещенного направления. По результатам исследований, проводимых на участке Новый Ургал — Комсомольск, перспективные размеры движения в четном направлении при организации непарного пакетного графика составят 30 поездов в сутки при текущих размерах движения, не более 19 при условии увеличения числа подталкивающих локомотивов, до 4 на участках Солони — Сулук и Болен — Эворон.

В сложившихся условиях с учетом ограничивающих факторов технология «виртуальная сцепка» (ВСЦ) является необходимой составляющей для организации пакетного движения на участках Байкало-Амурской магистрали.

### Внедрение технологии ВСЦ

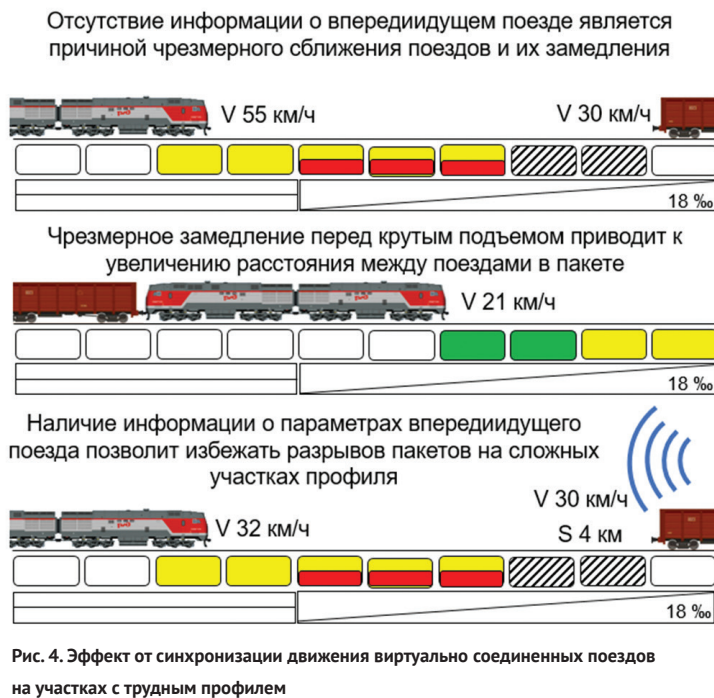
«Виртуальная сцепка» — это соединение локомотивов последовательно следующих поездов по радиоканалу. При этом ведение второго (ведомого) поезда осуществляется с учетом информации, получаемой с первого (ведущего). Управление ведущим и ведомым локомотивами может осуществляться в режиме как автоведения, так и в ручном порядке машинистом. Для расчета режима ведения ведомого поезда используется информация о скорости и показаниях локомотивного светофора ведущего поезда.

Передача информации о впередиидущем поезде увеличит осведомленность машиниста о свободности впередилежащего участка пути и режиме следования впередиидущего поезда. Это позволит повысить не только безопасность движения, но и эффективность пакетного движения [6].

В условиях следования пакета поездов по участку с трудным профилем наличие



Рис. 3. Скрещение пакетов поездов в условиях наличия или отсутствия достаточного путевого развития на станциях



информации о впередиидущем поезде позволит машинисту выбирать более рациональный режим ведения собственного локомотива и избежать чрезмерного замедления поезда перед крутым подъемом. Синхронизация движения виртуально соединенных поездов снизит, а в ряде случаев предотвратит, увеличение интервала между поездами в пакете при прохождении трудного подъема или места с ограничением скорости.

Кроме того, информирование машиниста о положении впередиидущего поезда позволит повысить скорость движения и сократить межпоездной интервал на участках с подвижными блоками. Дополнительно снижается риск образования скопления поездов и вынужденных остановок на затяжных подъемах. Эффект от синхронизации движения поездов представлен на рис. 4.

В условиях организации непарного графика движения применение технологии ВСЦ позволит не только уплотнить пакеты поездов преимущественного направления, но и уменьшить простои на непреимущественном направлении под скрещением с пакетами. В итоге это повысит показатели движения поездов обоих направлений.

### Перспективы развития технологии ВСЦ на участках БАМа

В настоящее время состояние вопроса о применении технологии ВСЦ на БАМе различается в зависимости от рассматриваемого участка. На участке

Тайшет — Таксимо «виртуальная сцепка» разработана и утверждена, но самого виртуального соединения поездов не происходит по причине малого обращения локомотивов, оснащенных системой автоведения, подходящих под таковое объединение на данном тяговом плече.

В соответствии с утвержденным технологическим процессом необходимым условием для реализации технологии является наличие на локомотиве системы автоведения поезда. В связи с этим из всех обращающихся на участке локомотивов, которые представлены сериями ВЛ80, ВЛ85 и 2(3) ЭС5К, для виртуального объединения подходят только последние, поскольку они оборудованы системой автоведения ИСАВП-РТ-М.

На локомотивах других серий, которых в настоящее время на участке обращается значительное количество, система автоведения отсутствует. Таким образом, для полноценного использования ВСЦ необходимо наращивание парка локомотивов серии 2(3) ЭС5К или более современных.

### Заключение

Технология ВСЦ, являясь комплексом инновационных научно-технических решений, реализующих возможность ведения потоков грузовых поездов с минимально-допустимым по требованиям безопасности межпоездным интервалом в 8–10 мин, позволяющим существенно повысить пропускную способность на существующей инфраструктуре, уже получила заслуженное признание. ВСЦ внедрена и используется на Дальне-

восточной, Забайкальской, Восточно-Сибирской и Красноярской железных дорогах, входящих в состав Восточного полигона (участок Мариинск — Тайшет — Находка-Восточная), общей протяженностью 5734 км. В 2023 г. в данном режиме проведено почти 36 тыс. пар поездов с увеличением их количества к 2022 г. в 2,9 раза [7].

Понимая потенциал ВСЦ с учетом продолжающейся переориентации рынков сбыта в Азиатско-Тихоокеанском направлении, необходима реализация технологии и на участках БАМа. Ее широкое внедрение вместе с пропускной способностью повысит безопасность движения и скорость, что позволит Байкало-Амурской магистрали соответствовать новым требованиям, предъявляемым в условиях непрерывного роста объемов перевозок.

Вместе с тем, ВСЦ, как и пакетное движение поездов, является одним из мероприятий, которое должно быть начальным этапом в рамках масштабной схемы усиления пропускной и провозной способности участков Байкало-Амурской магистрали.

### Источники

1. Козловский Е. БАМ: плацдарм для освоения восточных регионов России // Промышленные ведомости. URL: [https://www.promved.ru/oct\\_2002\\_03.shtml?podborka=8](https://www.promved.ru/oct_2002_03.shtml?podborka=8) (дата обращения: 12.05.2024).
2. Макушин М. А., Бобровский Р. О., Демидова К. В. и др. Социально-экономическое развитие территорий в зоне влияния БАМ: советские планы и российские реалии // Географический вестник 2023. № 2 (65). С. 12–25.
3. Макарошкин А. М. Оптимизация развития пропускной способности железнодорожных линий. М.: Транспорт, 1969. 200 с.
4. Макарошкин А. М., Дьяков Ю. В. Использование и развитие пропускной способности железных дорог. М.: Транспорт, 1981. 287 с.
5. Каретников А. Д., Воробьев Н. А. График движения поездов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Транспорт, 1979. 301 с.
6. Кобзев С. А., Розенберг Е. Н. и др. Комплексная технология интервального регулирования движения поездов. М.: Издательские Технологии, 2022. 212 с.
7. Долгий А. И., Сахаров А. Г., Дежков М. А. и др. «Виртуальная сцепка» на Восточном полигоне: достигнутые эффекты и направления развития // Транспорт Российской Федерации. 2023. № 5–6 (108–109). С. 15–19.