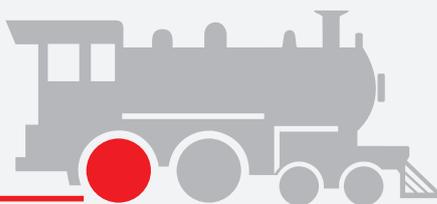


сетевое издание

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ



ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ СЕТЕВОЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ

В ВЫПУСКЕ

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

Лёвин Б.А., Розенберг И.Н., Цветков В.Я.

«РАЗВИТИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ»

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

Павловский А.А., Охотников А.Л.

«ИНФОРМАЦИОННАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИТУАЦИЯ»

Булгаков С.В.

«РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ»

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СИСТЕМЫ НА ТРАНСПОРТЕ

Ознамец В.В.

«ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗУБЧАТОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ»

ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Дзюба Ю.В.

«КООРДИНАТНАЯ СРЕДА ЦИФРОВОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ»

Шлапак В.В., Лонский И.И.

«ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИТУАЦИЙ ЗУБЧАТОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ»

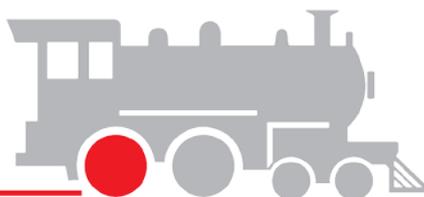
№ 2

Июнь 2018

сетевое издание

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ



ЕЖЕКВАРТАЛЬНОЕ СЕТЕВОЕ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ

Выпуск 2 (6)

Июнь 2018

Стратегия развития железных дорог

Лёвин Борис Алексеевич, Розенберг Игорь Наумович, Цветков Виктор Яковлевич

Развитие интеллектуального управления на транспорте

3

Интеллектуальные системы и технологии на транспорте

Павловский Андрей Александрович, Охотников Андрей Леонидович

Информационная транспортная ситуация

16

Булгаков Сергей Владимирович

Развитие методов геодезического обеспечения железной дороги

25

Геоинформационные технологии и системы на транспорте

Ознамец Владимир Владимирович

Геодезическое обеспечение зубчатой железной дороги

36

Цифровые методы на железнодорожном транспорте

Дзюба Юрий Владимирович

Координатная среда цифровой железной дороги

43

Шлапак Василий Викторович, Лонский Иван Иванович

Цифровое моделирование ситуаций зубчатой железной дороги

54

УДК: 656, 004.89, 656.052

РАЗВИТИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

- Лёвин Б.А.** д.т.н., профессор, ректор, Российский университет транспорта (МИИТ),
E-mail: tu@miit.ru, Москва, Россия
- Розенберг И.Н.** д.т.н., профессор, Генеральный директор, АО «НИИАС»,
E-mail: I.Rozenberg@vniias.ru, Москва, Россия
- Цветков В.Я.** д.т.н., профессор, зам. руководителя Центра, АО «НИИАС»,
E-mail: cvj2@mail.ru, Москва, Россия
- Аннотация.** Статья систематизирует применение интеллектуальных технологий управления применительно к транспорту. Статья приводит анализ развития разных школ управления, из которого следует, что интеллектуальные технологии возникли на основе естественной эволюции технологий управления. Показано различие между автоматизированными, информационными и интеллектуальными технологиями управления. Отмечается типичная ошибка, когда автоматизированные технологии называют интеллектуальными. Интеллектуальное управление не является эффективным для любых ситуаций управления, а только для тех, которые требуют применения методов искусственного интеллекта. Примером необходимости применения интеллектуального управления является возникновение проблемы «больших данных».
- Ключевые слова:** транспорт, управление, школы управления, автоматизированное управление, информационное управление, интеллектуальное управление

DEVELOPMENT OF INTELLECTUAL CONTROL ON TRANSPORT

- Levin B.A.** D.ofSci(Tech), Professor, Rector, Russian University of Transport (MIIT),
E-mail: tu@miit.ru, Moscow, Russia
- Rosenberg I.N.** DofSci.(Tech), Professor, General Director, JSC «NIIAS»,
E-mail: I.Rozenberg@vniias.ru, Moscow, Russia
- Tsvetkov V.Ya.** D.ofSci.(Tech), Professor, deputy head of Center, JSC "NIIAS",
E-mail: cvj2@mail.ru, Moscow, Russia
- Annotation.** The article systemizes the application of intelligent control technologies in relation to transport. The article analyzes different schools of management, from which it follows that intellectual technologies arose on the basis of the natural evolution of management technologies. Paper shows the difference between automated, information and intelligent management technologies. A typical error is noted when automated technologies are called intelligent. Intelligent control is not effective for any management situations, but only for those that require the use of artificial intelligence methods. An example of the need for intelligent management is the problem of "large data".
- Keywords:** transport, management, schools of management, automated management, information management, intellectual management

Введение.

Как показывает опыт конференций по интеллектуальным транспортным системам, значительная часть докладов с названиями включающими «интеллектуальные транспортные системы» в содержательном плане не описывает интеллектуальное управление. В этих докладах описывают: автоматизированное управление, информационное управление, ситуационное управление или когнитивное управление, которое авторы называют интеллектуальным управлением. Даже работы по использованию искусственных нейронных сетей не всегда можно отнести к интеллектуальному управлению, если они решают частные прикладные задачи, например, такие как аппроксимация рельефа [1]. Это делает актуальным систематизацию технологий интеллектуального управления и определения их места и связи с существующими технологиями управления. Причем в статье делается акцент на интеллектуальные технологии управления, а не на более узкое направление – интеллектуальные транспортные системы.

Интеллектуальное управление связано с технологиями и может обходиться без использования интеллектуальных систем как неких физических объектов. Например, интеллектуальное обновление информации в банке геоданных [2], который содержит Терабайты информации, осуществляется за 40 минут. В то же время как ручное обновление этого же объема информации с использованием человеческого интеллекта двух - трех операторов требует времени до 3 недель [2]. Этот эффект достигается за счет применения интеллектуальных алгоритмов обновления, осуществляющих адаптивный поиск новой информации и его последующую замену. Интеллектуальный анализ геоданных [3] также является интеллектуальной технологией, не требующей применения интеллектуальных систем. Иногда термин интеллектуальное управление используют узко, имея ввиду управление интеллектуальным капиталом и интеллектуальными ресурсами [4]. Но и в этом случае можно говорить даже об интеллектуальном пространстве и технологиях интеллектуального управления, синтезирующих искусственный и естественный интеллекты. В целом интеллектуальное управление [5, 6] является более широким понятием по сравнению с использованием интеллектуальных систем в управлении, включая интеллектуальные транспортные системы [7].

Развитие школ управления.

Анализ интеллектуального управления целесообразно проводить с учетом существующих школ управления и направлений управления внутри этих школ [8, 9]. Понятия об управлении как системе стали формироваться в середине XIX века, но самостоятельной областью деятельности управление было признано только в XX веке. В 1911 году Тейлор Фредерик Уинслоу опубликовал свою книгу "Принцип научного управления"[10], что дает основание считать признание управление самостоятельной научной областью исследований.

Успехи в развитии методов и подходов в управлении всегда зависели и определялись успехами других наук и уровнем развития производства. На технологии управления и управление как систему существенное влияние оказывали различные школы управления. В настоящее время выделяют от 4 до 14 школ [8, 9]. В Таблице 1. приведены основные школы управления и направления внутри этих школ.

Таблица 1.

Основные школы управления

Курсивом выделены направления, принципы которых используют в интеллектуальном управлении.

Школы управления Направления	Начало развития	Доминирующие принципы
Классическая школа управления		Управление работой и организацией для повышения эффективности организации
<i>Научное управление</i>	1880	
Бюрократическое управление	1920	
Административное управление	1940	
Поведенческая школа		Понимание и использование человеческого ресурса в организации.
Человеческие отношения	1930	
Бихевиоризм	1950	
Кружки качества	1960	
Человеческие ресурсы	1980	Human Resources
Школа количественных методов		Управление за счет применения математических и статистических методов
<i>Наука управления</i>	1940	
Информационный менеджмент	1950- 1970	
<i>Информационное управление</i>	1980	
<i>Нечеткая логика</i>	1990	
Стоимостный подход управления	1990	
Системный подход к управлению	1950	Рассмотрение технологии управления как системы, преобразующей ресурсы в продукцию в условиях взаимодействия с внешней средой
<i>Исследование операций</i>	1940	
<i>Стереотипное управление</i>	1950	
Управление организационно-техническими системами	1960	
<i>Интегрированное управление</i>	1990	
Школа управления при непредвиденных обстоятельствах	1960	Применение управленческих принципов и процессов в зависимости от уникальных особенностями каждой ситуации
<i>Эвристическое управление</i>	1950	
<i>Применение метода прецедентов</i>	1970	
<i>Ситуационное управление</i>	1970	
<i>Адаптивное управление</i>	1980	
<i>Синергетическое управление</i>	1990	

Классическая школа управления. Научное управление.

Эта школа связана с работами Ф.У. Тейлора [10]. Основатели этой школы рекомендовали использовать измерения, логику и анализ для совершенствования операций ручного труда и операционного уровня. С современных позиций эти методы основаны на исследовании операций и решении простых задач оптимизации. Применение результатов исследований научного управления позволило значительно повысить производительность операционного уровня.

Научное управление обосновало отделение управленческих функций от фактического выполнения работ. Этот принцип противоречил старой системе, при которой работники операционного уровня сами планировали свою работу. Авторы научного управления признавали важность отбора специалистов, которые по подготовке соответствовали

выполняемой ими работе. В научно управлении подчеркивали большое значение обучения и переподготовки.

Классическая школа управления. Бюрократическое управление.

Следующее направление классической школы было названо «Бюрократическое управление». Оно было сосредоточено на управлении всей организацией, а не только управлением на операционном уровне. Бюрократическое управление концентрируется на формальных методах управления. Главным основателем бюрократического управления считается Макс Вебер. На основании эмпирических исследований он выявил, что организациями управляют неэффективно из-за решений, основанных на личных отношениях. Вебер предложил форму управления, названную бюрократией. Она характеризовалась схематическим разделением труда, иерархией, набором формальных правил, беспристрастностью, выбором и поощрением способных служащих. В современных терминах такое управление является нормативным. Поскольку оно основано на нормах. Бюрократическое управление является алгоритмическим и не служит основой интеллектуального управления.

На бытовом уровне понимания управления часто термин «бюрократия» используют с отрицательным смыслом для обозначения нарушения норм и правил. На самом деле это является нарушением принципов бюрократического управления.

Правильная бюрократия повышает оперативность исполнения и исключает нечеткую трактовку управленческих воздействий. Примером правильного бюрократического управления является управление вооруженными силами и управление транспортными средствами.

Бюрократическое управление впоследствии привело к появлению стереотипного управления. По существу эти технологии основаны на формировании моделей стереотипов или информационных ситуации (ЕСЛИ). Для каждой информационной ситуации существует правило (ГО) действия в такой ситуации. Совокупность ситуаций образует номенклатуру управленческих ситуаций. Это сокращает время анализа для принятия решений. Но, если появляется ситуация, которая не входит в номенклатуру стереотипов или типичных ситуаций, то такое управление невозможно.

Классическая школа управления. Административное управление.

Следующим направлением этой школы было «Административное управление». Научное управление формировало горизонталь операционного уровня. Бюрократическое управление задавало управленческую вертикаль. Административное управление было основано на интеграции этих подходов. Оно было направлено на управление организацией в целом. Административное управление рассматривает вопросы совершенствования организации в целом, в отличие от научного управления, которое изучает отдельные производственные операции. Анри Файоль [11], с именем которого связывают возникновение административной школы, поставил себе целью создание универсальных принципов управления. Сформулированные А. Файолем 14 принципов управления имеют следующее содержание:

1. Разделение труда - необходимо для эффективного использования ресурсов и специалистов.

2. Права и ответственность - каждому работнику делегируются полномочия и определяется ответственность за выполняемые работы.

3. Дисциплина – работники обязаны подчиняться нормам трудовых отношений. Должны применяться санкции к нарушителям трудовых отношений.

4. Единоначалие - работник получает распоряжение и отчетывается только перед одним

непосредственным начальником.

5. Единство действий - все действия, имеющие общую цель, должны быть согласованы.

6. Подчиненность интересов - интересы организации имеют приоритет перед интересами отдельных работников.

7. Вознаграждение персонала - за свой труд работники получают вознаграждение

8. Централизация - наличие управляющего центра. Лучшие результаты достигаются при верной пропорции между централизацией и децентрализацией.

9. Скалярная цепь - неразрывная цепь нормативов (ЕСЛИ – ТО), по которой передаются все распоряжения и осуществляются коммуникации между всеми уровнями иерархии.

10. Порядок - рабочее место для каждого работника и каждый работник на своем рабочем месте.

11. Справедливость - установленные правила и соглашения должны проводиться в жизнь одинаково для всех.

12. Стабильность персонала - установка работников на лояльность по отношению к организации и на долгосрочную работу. Большая текучесть кадров снижает эффективность организации.

13. Инициатива - поощрение работников к выработке новаций, в границах делегированных им полномочий.

14. Корпоративный дух – соответствие интересов персонала и организации обеспечивает дополнительный эффект.

Своими принципами А. Файоль интегрировал предыдущие направления, чем окончательно сформировал классическую школу управления. Главный вклад административного управления состоит в том, что оно рассматривает управление как комплекс процессов, состоящий из взаимосвязанных функций, таких как планирование и организация и т.п.

Принципы А. Файоля затрагивают два основных аспекта. Первый - разработка рациональной системы управления организацией, в частности, определение лучшего способа разделения организации на подразделения или рабочие группы для достижения максимального эффекта при имеющихся ресурсах. Это задача кластеризации.

Второй аспект классических принципов состоит в построении оптимальной структуры управления организации. Это называют построением структурной модели, что также определяет возможность применения системного подхода. Это задача построения структуры и топологии организации [12]. В административном управлении в дальнейшем управленческие действия стали реализовывать в виде информационных потоков.

Поведенческая школа.

Представители этой школы обнаружили, что четкое планирование и хорошая заработная плата не всегда ведут к повышению производительности труда. Представители школы выявили необходимость учета человеческого фактора [13]. Иногда затраты на непроизводительные потребности дают эффект больше, чем те же затраты на производство и оборудование. Исследования выявили ряд мотивационных факторов, учет которых при незначительных затратах, приводил к существенному повышению эффективности и конкурентоспособности организации. Возрастание уровня удовлетворенности работника снижает брак. В этой школе развивают три направления: человеческих отношений; бихевиоризм (мотиваций); человеческих ресурсов [14]. Она рекомендует использовать приемы управления человеческими отношениями и исследует, прежде всего, методы налаживания межличностных отношений.

Школа количественных методов управления.

Появление этой школы связано с появлением вычислительных систем [15]. Идея школы в том, что человек ошибается, а компьютер нет. Прагматической идеей является перенос на компьютер тяжести расчетных операций, включая перебор множества решений. Возникновение этой школы обусловлено также развитием математических методов, усложнением производственных процессов и требованиями производства. Основным в этой школе является групповой подход, когда конкретная проблема решается группой специалистов по математике, статистике, инженерным и общественным наукам.

Однако, как и другие направления, это направление имеет недостатки. Оно ориентировано на решение формализуемых стереотипных задач с подключением в отдельных случаях теории нечетких множеств. По существу обработка информации основана на использовании прямых алгоритмов (задач первого рода) [16], которые составляет человек. Если задача требует ассоциативного анализа или является топологически сложной, то метод сквозного алгоритма не дает результат. Основные технологии этой школы управления ориентированы на: информационный менеджмент [17], информационное управление [18 - 21], управление с использованием методов нечеткой логики и т.п.

Недостатком технологий количественных методов управления является то, что управленец прибегает к помощи программ или алгоритмов, в которых он не разбирается, а оценивает по отзывам экспертов, специалистов или просто знакомых. Поэтому не всегда такой управленец понимает, что получается в итоге обработки и что надо, чтобы получить максимальный эффект от обработки. То есть для такого метода и технологий управления характерно наличие информационной асимметрии [22]

После постановки проблемы и формулировки задачи разрабатывается модель, чаще всего математическая, сложившейся задачи. После создания модели переменным задаются количественные значения. Это позволяет более объективно сравнивать и описать каждую переменную и отношения между ними. Главной особенностью этой школы управления считается замена качественного анализа количественным анализом, что и определяет ее область применимости или истинности.

Школа системного подхода к управлению.

Если школа количественных методов управления опиралась на модели процессов и отношений, то школа системного подхода к управлению опиралась на системный подход, рассматривая организацию как систему [23] и технологии управления как систему. Системный подход включает анализ, декомпозицию и синтез. Следует выделить метод исследования операций [24] как элементов сложной системы. Применение компьютеров позволило конструировать математические модели и ситуационные модели большой сложности.

В системном подходе организация рассматривается как система взаимосвязанных систем, которые ориентированы на достижение определенных целей в условиях меняющейся внешней среды. В системном подходе [25] выделяют разные типы систем: информационные, организационные [26], технические, технологические [27], автоматизированные. В дальнейшем эти системы дополнили интеллектуальные системы и кибер-физические системы.

Накопление опыта в области системного управления привело к развитию стереотипного управления [28], когда детальный анализ управленческой ситуации заменяется анализом признаков ситуации. В стереотипном подходе используют основное правило. Если по

признакам ситуацию можно отнести к известным, то принимается решения для известной ситуации.

Школа управления при непредвиденных обстоятельствах.

Концепции этой школы, называемой в оригинале contingency school of management [15], строятся на том, для всех случаев жизни нет никакого единственного универсального способа управления. Каждая ситуация уникальна и каждый менеджер имеет свои способности, отличающие его от других. Не существует единого для всех «лучшего» способа управления организацией.

Следует отметить, что основной альтернативой этой школы является стереотипное управление. Разделяют два управленческих подхода аналитический и стереотипный. При аналитическом подходе каждый раз анализируют управленческую ситуацию со всеми деталями. Это занимает много времени для выработки управляющего решения. Стереотипный подход сводит новую ситуацию к известной ситуации. Это требует выработки управленческого решения на 2-3 порядка меньше. Поэтому изначально школа управления при непредвиденных обстоятельствах требует больших временных ресурсов, чем другие школы и методы управления.

Эта школа концентрирует внимание на том, что пригодность различных методов управления определяется конкретикой ситуации. Самым эффективным методом управления в конкретной ситуации является метод, который более всего соответствует данной ситуации. Задача - найти и суметь реализовать этот метод. Поэтому, есть только несколько универсальных управленческих принципов, и соответствующий стиль управления зависит от требований специфической ситуации. Эта школа развивает идеи других школ управления, но связанные с необходимостью применения аналитического подхода. Школа эффективна при сложных новых ситуациях и не эффективна при типовых ситуациях.

Одним из направлений школы является ситуационное управление [20] Situational management [15]. Ситуационный подход направлен на реализацию приложений различных методов к конкретным ситуациям и условиям. Ситуационный подход включает управление с учетом ситуации, управление ситуацией и управление в ситуации. Один из методов реализации этого подхода основан на построении модели информационной ситуации. Эта модель использует ряд характеристик, таких как информационная позиция, информационное преимущество и др. [29]. При этом простого указания на то, какие переменные сильнее всего влияют на результат (являются релевантными), явно недостаточно для того, чтобы определить, какое решение будет лучшим для достижения целей организации. Основная сложность заключается в том, что все ситуационные процессы взаимосвязаны и их нельзя рассматривать независимо друг от друга. Сложность обуславливает переход к интеллектуальному управлению.

Анализ Таблицы 1 и выделенные курсивом направления показывают, что условия для формирования интеллектуального управления складывались постепенно, по мере развития разных школ управления. В силу этого интеллектуальное управление можно рассматривать как результат естественной эволюции технологий управления.

Сравнение автоматизированного, информационного, когнитивного и интеллектуального управления.

Все выше перечисленные виды управления возникли как необходимость замены или помощи человеческому интеллекту. Автоматизированное управление решает три важные задачи,

которые не решает человеческий интеллект: обработка больших объемов информации, повышение оперативности обработки, перебор многих вариантов решений – для выработки управляющего решения. Оно по существу является алгоритмическим. В простейшем представлении это ввод данных и получение решений с помощью вычислительных средств и методов.

Информационное управление в дополнении к алгоритмическим методам включает эвристический анализ. В автоматизированном управлении водят данные для обработки. В автоматизированном управлении используют в основном последовательно модели для обработки и представления. В информационном управлении создают предварительно разные типы связанных между собой информационных моделей: для визуального представления информации, для обработки, для хранения информации, для передачи информации. Различие можно проследить в реализации этих методов. Автоматизированное управление включает использование данных и компьютера. Информационное управление включает, как один из примеров, использование интегрированного комплекса моделей и ситуационной комнаты, содержащей комплекс компьютеров и иных устройств. Оба вида управления не содержат искусственный интеллект и являются поддержкой человеческого интеллекта.

Когнитивное управление включает либо ассоциативные методы человеческих рассуждений в цепочку алгоритмических рассуждений, либо интеллект человека соединенный с алгоритмической обработкой. Типичным примером когнитивного управления является применение когнитивных карт, которые упрощают и структурируют большую по объему и слабо структурированную информацию.

Интеллектуальное управление также использует алгоритмы. Дополнительно к алгоритмам интеллектуальное управление использует две группы правил. Первая группа правил служит для самостоятельной выработки решений без обращения к человеческому интеллекту. Вторая группа правил служит для модификации правил первой группы на основе накапливаемого опыта. В частности, эта группа правил включает трансформацию неявных знаний в явные знания.

В отличие от информационного управления, в котором главную роль играют модели и алгоритмы, в интеллектуальном управлении главную роль играют правила и самоорганизация. В интеллектуальных системах или интеллектуальном техническом управлении главную роль играет многоаспектное устройство – решатель. В широком понимании, в аспекте любых технологий управления, в качестве решателя может выступать человек, когнитивная система или интеллектуальная модель. На Рисунке 1. приведена простейшая схема интеллектуального управления. Начальное состояние управления таково, что в распоряжении решателя имеются ресурсы управления, исходные данные управления (ДУ) для управления и исходные условия для решения задачи управления. Совокупность данных условия и ресурсов образует информационную ситуацию управления.

Решатель формирует решение, которое поступает в трансформатор (Тр). В трансформаторе решение преобразуется в управляющее действие, которое оказывается на объект управления (ОУ) для достижения цели управления. Управляющее действие переводит ОУ в некоторое состояние которое может приближать его к цели управления.

Однако факторы внешней среды могут переводить объект управления из желаемого состояния в другое состояние. Информация о фактическом состоянии объекта в виде дополнительных условий поступает в блок условия и меняет информационную ситуацию управления.

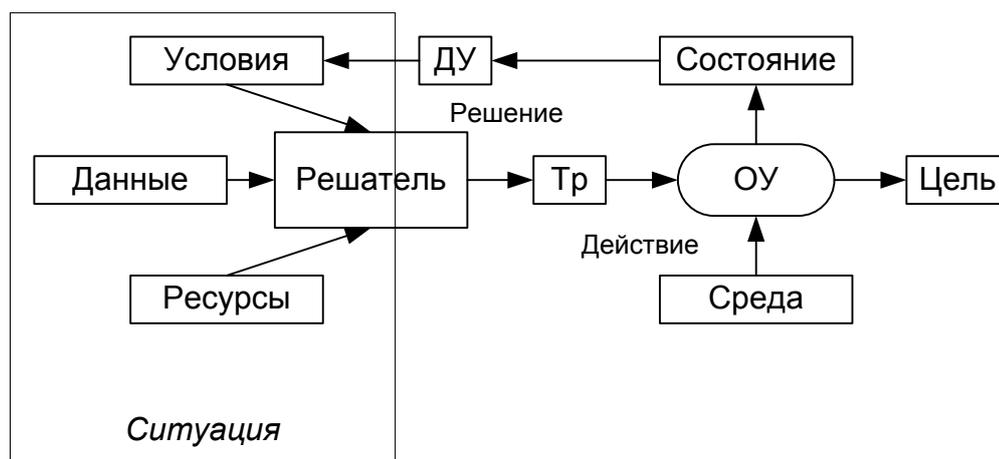


Рисунок 1. Интеллектуальная схема управления

Прескриптивные модели [30] являются высоко формализованными конструкциями, но в отличие от алгоритма являются гибкими, поскольку в определенной степени допускают возможность изменения параметров. Процессуальные информационные единицы являются основой прескриптивных моделей и процедурных знаний. Для описания структур алгоритмов и моделей применяют структурные информационные единицы, как основу построения структуры.

Дескриптивные модели являются дополнением прескриптивных моделей [30]. Они представляют собой разной степени формализованные описательные информационные конструкции, которые описывают "что" и "зачем". Например инструкция по описанию и включению устройства представляет собой объединение прескриптивной и дескриптивной моделей. Дескриптивная модель описывает прибор как таковой, а прескриптивная часть задает последовательность действия для его включения и работы с ним.

Наборы описаний методов предполагают включение когнитивной области человека или системы для их интерпретации и применения. Они могут включать прескриптивные и дескриптивные модели. Наборы отношений являются относительно новым понятием и компонентом решателей. Они реализуются набором правил или наборами связей, что определяет их более высокий уровень обобщения по отношению к связям.

Решение задачи интеллектуального управления ищется в некотором пространстве, которое определяется пространством параметров поиска решения. Это пространство влияет на критерии выбора и критерии получения решения. Семантические информационные единицы задают смыслы решений, поиска решений, результатов решений и служат основой интерпретации.

Следует отметить различие между интеллектуальными и информационными технологиями. Информационные технологии выполняют функции поддержки интеллектуального управления. Основную роль играют интеллектуальные технологии принятия решений. Они дают возможность наряду с решением или в ходе получения решения осуществлять поиск новых знаний и накопления интеллектуальных ресурсов. Информационные технологии создают только информационные ресурсы. Это означает, что знания, формализованные в явном виде, будучи освоенными, могут стать частью опыта и частью базы знаний и быть использованы им для

решения задач и принятия решений.

Следует отметить различие между интеллектуальными и автоматизированными технологиями и системами. Автоматизированные технологии и системы используют прямые алгоритмы и не обладают способностью внутренней самоорганизации. Интеллектуальные системы и технологии содержат механизм самоорганизации, который в социальных и биологических системах называют аутопойезис [31]. Интеллектуальные технологии и системы содержат механизмы адаптации [32], которые в автоматизированных технологиях и системах отсутствуют.

Мотивация применения интеллектуального управления.

Применение интеллектуального управления есть не столько желание, сколько вынужденная необходимость. Оно не является эффективным для всех случаев жизни, а только для тех, которые требуют его применения. Для простых расчетов применение компьютера не обязательно и не эффективно. Точно также не эффективно применение интеллектуального управления для простых управленческих ситуаций. Приведем несколько парадигм, обуславливающих применение интеллектуального управления.

1. Если объемы информации настолько большие, что человеческий интеллект их не в состоянии их обработать, то применяют автоматизированное, информационное или интеллектуальное управление.

2. Если коллекции информации настолько сложные, что человеческий интеллект их не в состоянии воспринять, то применяют интеллектуальное управление.

3. Если допустимое время принятия решений настолько короткое, что человеческий интеллект не в состоянии принять решение за этот период, то применяют автоматизированное, информационное или интеллектуальное управление.

4. Если управленческая ситуация является новой и не может быть сведена к известным стереотипным ситуациям, то применяют интеллектуальное управление.

5. Если управленческая ситуация требует нахождения нового решения в короткие сроки, то применяют интеллектуальное управление.

6. Если управленческая ситуация приводит к необходимости решения задачи второго рода, то применяют интеллектуальное управление.

7. Если возникает необходимость извлечения и накопления знаний об управлении в сложных ситуациях, то применяют интеллектуальное управление.

8. Если возникает один из факторов проблемы «больших данных» (объем, скорость, сложность, не структурированность, оперативность), то применяют интеллектуальное управление.

9. Если возникает необходимость применения ассоциативных методов решений в сложных ситуациях, то применяют интеллектуальное управление (искусственные нейронные сети).

10. Если возникает необходимость эволюции алгоритмов решений в сложных ситуациях, то применяют интеллектуальное управление (эволюционные алгоритмы).

11. Если возникает необходимость получения оптимального решения за счет взаимодействия разных типов алгоритмов (групповой и индивидуальный) в сложных ситуациях, то применяют интеллектуальное управление (мультиагентные системы).

12. Если возникает необходимость получения оптимального решения за счет получения новых алгоритмов за счет модификации известных в условиях высокой сложности, то применяют интеллектуальное управление (генетические алгоритмы).

12. Если возникает необходимость оперативного выбора цели в условиях динамически меняющейся ситуации, то применяют интеллектуальное управление (интеллектуальное многоцелевое управление).

Пункты 1, 3 допускают применение автоматизированного или интеллектуального управления. Это приводит к некорректному использованию термина интеллектуальное управление для случаев применения только автоматизированного управления. Признаком интеллектуальности является наличие системы правил и системы внутренней самоорганизации. Если правил нет, и механизм самоорганизации отсутствует, то такое управление является алгоритмическим или автоматизированным, но не интеллектуальным.

Автоматизированные технологии требуют для работы данных. Информационные технологии требуют данных и информационных моделей.

Интеллектуальные технологии требуют данных, моделей и знаний. Первичные знания – такая же необходимость для интеллектуальных технологий, как данные для автоматизированных технологий. Если технология управления не использует знания, а только данные, она не является интеллектуальной.

Заключение.

Существует много видов управления по методам: нормативное [33], ситуационное [34], мягкое и жесткое [35], когнитивное и дескриптивное, стохастическое [36], эвристическое [37], детерминированное [38], субсидиарное [39], сетецентрическое [40] и многие другие. Многие виды управления близки друг другу, что порой создает путаницу в их определении и раскрытии сущности. Существует разделение видов управления по технологиям: организационное, автоматизированное информационное, интеллектуальное, кибер-физическое.

Возможно применение разных технологий в видах управления по методам. Например, ситуационное управление может быть реализовано за счет организационных технологий, за счет автоматизированных технологий, с применением информационных технологий или с применением интеллектуальных технологий. Во всех этих случаях сущность управления будет различной, хотя называться они будут общим термином – «ситуационное управление». Это порождает заблуждение в терминах, когда технологию ситуационного управления автоматически называют интеллектуальной технологией. Точно также часто интеллектуальным управлением называют технологии управления, в которых не используют интеллектуальные технологии, а один из методов является интеллектуальным.

Другой случай - используется только автоматизированная технология, которая может быть интеллектуальной, но таковой не является. Однако часто такую технологию называют интеллектуальной. К интеллектуальным технологиям и системам относят только те, которые имеют наборы правил принятия решений. Наборы правил самоорганизации и применяют дополнительно к базе данных базу знаний. Интеллектуальное управление, включая управление на транспорте, можно рассматривать, как результат естественной эволюции технологий управления. Интеллектуальные технологии на транспорте должны дополнительно использовать пространственную информацию и пространственные знания.

Список литературы

1. Кулажский А. В. Цифровое и математическое моделирование рельефа местности в системах автоматизированного проектирования трасс железных дорог. Дис..к.т.н., 25.00.35. М.:

МГУПС (МИИТ), 2011. – 120с.

2. Железняков В.А. Интеллектуальное обновление информации в банке геоданных // Инженерные изыскания. -2012. - № 5. - с.58-61.

3. Шайтура С.В. Интеллектуальный анализ геоданных // Перспективы науки и образования. - 2015. - №6. - с.24-30.

4. Зеленин Д. В., Логинов Е. Л. Интеграция интеллектуальных управленческих сред (пространств) как основа модернизации и технологического развития экономики России //Экономические науки. – 2010. – Т. 70. – №. 9. – С. 22-25.

5. Александров А.В. Интеллектуальное управление // Славянский форум, 2016. -1(11). – с.15-22.

6. Tsvetkov V. Ya. Intelligent control technology // Russian Journal of Sociology, 2015, Vol. (2), Is. 2.-p97-104.

7. Щенников А.Н. Интеллектуальные транспортные системы как специализированные системы // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 4(4). – с.45-53.

8. Васютинский И.Ю., Цветков В.Я., Шингарева К.Б., Болотин В.В., Пусенков В.Б., Кожевников Д.И. Тенденции развития основных школ управления // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2012.- №1. - с.90 -95.

9. Цветков В.Я. Развитие технологий управления // Государственный советник. – 2015. - №4. – с.5-10.

10. Frederick Winslow Taylor .Principles of Scientific Management. New York and London,1911 Harper& brothers.

11. Fayol H. Industrial and General Administration. — Geneva: International Manag. Inst., 1930.

12. Ожерельева Т. А. Структурный анализ систем управления // Государственный советник. – 2015. - №1. – с40-44.

13. Kreitner R., Luthans F. A social learning approach to behavioral management: radical behaviorists “mellowing out” //Organizational Dynamics. – 1984. –V. 13. – №. 2. – p. 47-65.

14. Армстронг М. Практика управления человеческими ресурсами. / Пер. с англ. – 8-е изд. – СПб.: Питер, 2004.

15. Encyclopedia of Management <http://www.enotes.com/management-encyclopedia/management-thought/> дата просмотра 12.01.2018.

16. Щенников А.Е. Модели прямых алгоритмов // Славянский форум. - 2017. -4(18). – с.103-109.

17. Цыганов В.В. Информационный менеджмент и национальная система информационного управления и противоборства. – Юбилейный: Издательство ПСТМ, 2008. – 28с.

18. Поляков А.А., Цветков В. Я. Информационные технологии в управлении. – М.: МГУ факультет государственного управления, 2007 – 138с.

19. Кульба В.В., Кононов Д.А., Косяченко С.А., Цыганов В.В., Чернов И.В. Планирование и реализация информационного управления // Информационные войны. 2010. №3. С.59-69.

20. Охотников А.Л. Информационное ситуационное управление на транспорте . Saarbruken. : Palmarium Academic Publisng, 2018. –143 с. ISBN 978-613-9-82104-4.

21. Замышляев А.М. Информационное управление в транспортной сфере // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 4(4). – с.11-24.

22. Tsvetkov V. Ya. Evaluations of Information Assymetry // Modern Applied Science; 2015; Vol. 9, No. 6; pp.225-261. doi:10.5539/mas.v9n6p255.

23. Берталанфи фон Л. Общая теория систем – критический обзор./В кн. Исследования по общей теории систем.М.:Прогресс,1969.С.23-82.

24. Хемди А. Таха. Введение в исследование операций — М.: Видьямс, 2007. — 912с.
25. Цветков В.Я. Теория систем: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2018. – 88 с. ISBN 978-5-317-05718-3.
26. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. М.: МПСИ, 2005. –584с.
27. Буравцев А.В. Сложные технологические системы// Славянский форум. - 2017. -4(18). – с.14-19.
28. Корнаков А. Н. Концептуальная модель процессов информационного управления промышленной организации //Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. – 2010. – №. 2. – С. 82-85.
29. Tsvetkov V. Ya. Dichotomic Assessment of Information Situations and Information Superiority // European researcher. Series A. 2014, Vol.(86), № 11-1, pp.1901-1909.
30. Цветков В.Я. Дескриптивные и прескриптивные информационные модели // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2015. - №7. - с.48- 54.
31. Буравцев А.В., Цветков В.Я. Аутопойезис сложной организационно-технической системы // Дистанционное и виртуальное обучение. 2018. - № 2(122). – с.5-11.
32. Цыганов В.В., Михеев Г.В., Клюквин А.Б. Адаптивные механизмы управления качеством на предприятии. - М.: ИПУ РАН. 2004. - 41с.
33. Ханова И. М. Нормативное управление затратами как фактор повышения конкурентоспособности продукции //50 лет на службе экономической науке. – 2014. – С. 102-104.
34. Коваленков Н.И. Ситуационное управление в сфере железнодорожного транспорта // Государственный советник. – 2015. - №2. – с42-46.
35. Арнольд В. И. «Жесткие» и «мягкие» математические модели. — М.: МНИМО. 2004. — 32 с.
36. Бар-Шалом Я., Ци Е. Концепции и методы стохастического управления //Фильтрация и стохастическое управление в динамических системах. Под ред. КТ Леондеса. М.: Мир. – 1980.
37. Ожерельева Т. А. Организационное эвристическое управление // Государственный советник. – 2014. - №4. – с.69-75.
38. Строцев А. А. Совместное оптимальное управление поиском и наблюдением за условно детерминированными динамическими объектами в импульсной многоканальной измерительно-поисковой системе //Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. – 2004. – Т. 47. – №. 9. – С. 22-29.
39. Логинова А.С. Оценка применимости субсидиарного управления // Актуальные проблемы современной науки. - 2015. - № 3. - с. 297-301.
40. Кудж С.А., Цветков В.Я. Сетецентрическое управление и кибер-физические системы // Образовательные ресурсы и технологии. – 2017. -2 (19). – с.86-92.

УДК: 334.71: 656: 338.245

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИТУАЦИЯ

- Павловский А.А.** к.т.н., заместитель Генерального директора, АО НИИАС,
E-mail: A.Pavlovskiy@vniias.ru, Москва, Россия
- Охотников А.Л.** заместитель руководителя, Центр стратегического анализа и развития,
АО НИИАС, E-mail: a.ohotnikov@vniias.ru, Москва, Россия
- Аннотация.** Статья описывает новую управленческую модель информационной транспортной ситуации. Показаны два направления развития ситуационного управления. Первое направление связано с семиотическим управлением и работами в области искусственного интеллекта. Второе направление связано с технологическим и организационным управлением. Оно называется ситуационный менеджмент. Показано, что информационная ситуация является частью ситуационного менеджмента и важным фактором, повышающим оперативность управления, описаны виды информационных ситуаций и приведены их примеры.
- Ключевые слова:** транспорт, управление, ситуационное управление, информационная ситуация

INFORMATION TRANSPORT SITUATION

- Pavlovskiy A.A.** PhD., Deputy General Director, JSC "NIAS",
E-mail: A.Pavlovskiy@vniias.ru, Moscow, Russia
- Okhotnikov A.L.** deputy head of Center, JSC "NIAS",
E-mail: a.ohotnikov@vniias.ru, Moscow, Russia
- Annotation.** The article describes a new management model of the information transport situation. Two directions of development of situational management are shown. The first direction is connected with semiotic management and works in the field of artificial intelligence. The second direction is connected with technological and organizational management. It's called situational management. It is shown that the information situation is a part of situational management and an important factor that increases the efficiency of management, describes the types of information situations and provides examples.
- Keywords:** transport, management, situational management, information situation

Введение

Управление транспортом характеризуется возрастанием сложности управленческих ситуаций, ростом объемов информации, уменьшением времени принятия решений. С одной стороны эти ситуации обусловлены проблемой «больших данных» [1, 2], с другой стороны они обусловлены ростом интенсивности транспортных потоков. Одним из радикальных для управления транспортом зарекомендовал себя ситуационный подход [3, 4], включающий применение моделей информационной ситуации. Модель информационной ситуации [5-9] существенно упрощает управление и принятие решений, поскольку она отсеивает малозначащие факторы и оставляет существенные ключевые факторы, необходимые для

управления. Модель информационной ситуации определяет возможность реализации информационного ситуационного управления. Следует разграничить понятие ситуационного управления по Д. А. Поспелову в сфере искусственного интеллекта и ситуационного технологического управления в сфере транспорта. Ситуационное управление по Д.А. Поспелову связано с семиотикой и со знаковой ситуацией, а также с абстрактными математическими моделями [10-15]. Ситуационное технологическое управление в сфере транспорта связано с реальной ситуацией, в которой находится объект управления - подвижный объект или фрагмент инфраструктуры. Ситуационное технологическое управление использует технологические управленческие модели, адаптированные к конкретным условиям в конкретной ситуации.

Рассмотрим пример. В развитие идей Д.А. Поспелова в работе [16] описана идея ситуационного управления. Суть управления заключается в выборе управленческих решений из некоторого набора допустимых (типовых, стандартных) управляющих воздействий. На самом деле о ситуационном управлении, как о принятии решений при непредвиденных обстоятельствах, речь не идет. В работе описано стереотипное управление связанной с параметрами ситуации. Характерным является использование модели текущей ситуации. Текущей ситуацией ТС называют вектор состояния X объекта управления и вектор возмущений внешней среды F . В этом случае

$$ТС = \langle X, F \rangle.$$

Вводится понятие полной ситуации

$$S = \langle ТС, G \rangle,$$

где ТС –текущая ситуация, G –цель управления. В свою очередь, цель управления G может быть представлена в виде целевой ситуации G_g , к которой должна быть приведена имеющаяся текущая ситуация. Тогда

$$S = \langle ТС, G_g \rangle.$$

Авторы вводят предположение, ограничивающее применение метода. Они предполагают, что текущая ситуация ТС принадлежит некоторому классу Q' , а целевая (заданная) ситуация G_g –классу Q'' , ищется такое управление (вектор управляющих воздействий U), которое принадлежит множеству допустимых управлений Ω_u и обеспечивает требуемое преобразование одного класса ситуаций в другой:

$$C \in Q' \xrightarrow{U \in \Omega_u} G_g \in Q''.$$

Таким образом, ситуационное управление выступает как отображение:

$$(Q', Q'') \rightarrow U \in \Omega_u.$$

сопоставляющее паре «текущая ситуация -целевая ситуация» требуемый результат – управление U .

При таком ситуационном управлении (фактически стереотипном) проблема выбора управляющих воздействий сводится к оценке состояния объекта и среды. На основе оценки соотносят состояние текущей ситуации к одному из типовых известных классов и выбору управления из набора известных альтернатив, которое приводит к достижению поставленной цели управления (целевой ситуации) [16]. Исходя из этого, авторы предлагают в качестве

основных методов ситуационного управления методы ситуационного анализа и ситуационного моделирования, основанные, в свою очередь, на семантическом моделировании.

Очевидно, что в непредвиденных обстоятельствах метод не работает. В таком управлении речь идет не о ситуационном управлении, а о наборе стереотипов оценки состояния и допустимых действий. Если ситуация является новой и не стереотипной и если решений для ситуации нет, то метод неприемлем. На этом примере следует подчеркнуть общее заблуждение использования термина «ситуационное управление». Речь идет не о ситуационном управлении, а о стереотипном управлении, которое основано на использовании ограниченного набора стереотипов ситуаций А и ограниченного набора управленческих решений В. По существу реализуется механизм

«Если А то В»

Модели информационной ситуации [5] на транспорте предназначены для выявления резервов развития сферы транспортных услуг, повышения качества транспортной работы и прогнозирования будущего транспорта. Информационное ситуационное моделирование не является переносом методов информатики и моделей в сферу транспорта. Оно требует новой организации информационных и электронных ресурсов и применения инновационных решений.

Модели информационных ситуаций, применяемые при управлении транспортом.

На практике независимо от работ Пospelова развивались различные виды управлений, из которых следует отметить информационное управление [17-20] и ситуационный менеджмент [21-23]. Выделяют три типа управленческих моделей: стационарные, динамические и комбинированные. При управлении подвижными объектами применяют комбинированные управленческие модели. Модель информационной ситуации может быть стационарной, когда описывает среду перемещения объекта. Модель информационной ситуации может быть динамической, когда описывает мобильный объект. Модель информационной ситуации может быть комбинированной, когда описывает мобильный объект в условиях инфраструктуры.

Информационная ситуация может быть сложной и простой. При этом аспект сложности является сравнительным [7]. В силу многообразия информационных ситуаций на транспорте трудно найти равные характеристики сложности для всех ситуаций. Одна информационная ситуация имеет один набор ключевых показателей, другая - другой, третья может включать и те, и другие. Поэтому сложность для информационной ситуации является сравнительной характеристикой между разными информационными ситуациями. Таким образом для транспорта необходимо разделять два вида моделей: информационная модель объекта и информационная модель ситуации.

Информационная модель объекта (ИМО) [24-26] определяется как взаимосвязанная совокупность параметров, связей и отношений. В модель включаются существенные связи и отношения, а несущественные исключаются. Это общее свойство любых моделей, в том числе и не информационных. Используя системное описание [27] можно представить ИМО в следующем виде:

$$\text{ИМО} = F1(P_{co}, C_{int}, C_{ex}, R_{int}, R_{ex}, Int1, Int2, SO), (1)$$

В выражении (1) P_{co} – ключевые параметры объекта, C_{int} – внутренние связи между частями объекта, C_{ex} – внешние связи объекта с другими объектами и со средой, R_{int} – внутренние информационные отношения между частями объекта, R_{ex} – внешние

информационные отношения, $Int1$ – информационные взаимодействия объекта с другими объектами и со средой, $Int2$ – информационные воздействия на объект, SO – системность объекта (необязательное свойство). Объект может быть закрытым или открытым. Для закрытого объекта параметры выделены полужирным. Объект может быть частью другого объекта как подсистема более сложной системы. Объект можно рассматривать как самостоятельную систему, обладающей целостностью и системностью. В последнем случае появляется свойство системности объекта SO .

Основное различие между ИМО и информационной ситуацией – масштаб действия [28]. Общее у них то, что они производное от понятия «информационная модель».

Информационная ситуация (ИС) – это модель, включающая совокупность ключевых параметров, связей и отношений для данной ситуации. При этом имеется в виду, что ситуация может включать объект управления, а может включать только микросреду, в которой объект управления может находиться или уже находится. Информационная ситуация всегда имеет цель описания. Информационная ситуация имеет всегда больший масштаб, чем модель объекта, она является микроокружением объекта частью внешней среды.

Информационная ситуация более разнообразна, чем ИМО. У нее предметная ориентация. Например, информационная ситуация взаимодействия объектов, информационная ситуация движения объекта, информационная ситуация состояния объекта. Используя системное описание [27] можно также представить модель информационной транспортной ситуации (ИТСит) в следующем виде:

$$ИТСит = F2(ИМО_i, Ps (Pco_i), TM, Co, Ros, IntS), \quad (2)$$

В выражении (2) $ИМО_i$, – информационные модели объектов, находящихся в данной ситуации $i=1 \dots n$. Ps – параметры ситуации, которые включают некоторые ключевые параметры моделей объектов (Pco_i), Co – связи между объектами, Ros – отношения между объектами, $IntS$ – информационные взаимодействия в ситуации между объектами. TM – топологическая модель. Обязательное наличие топологической модели есть качественное отличие информационной транспортной ситуации от общей модели информационной ситуации. Количественно в выражение (2) входит значительно больше величин, чем в выражение (1). На Рисунке 1. приведена визуальная модель простой транспортной информационной ситуации.

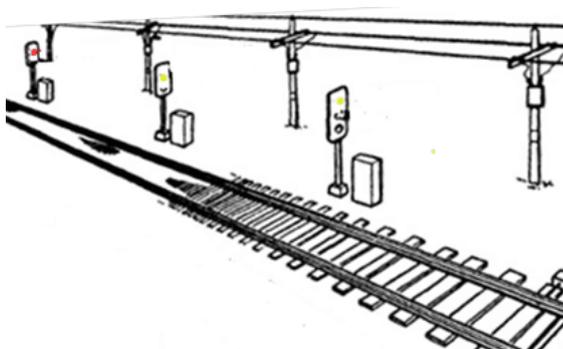


Рисунок 1. Простая информационная транспортная ситуация

Она имеет только один путь и в целом минимальное количество объектов и характеризуется отсутствием подвижного объекта, то есть объекта управления. Такая информационная ситуация

может быть названа статической информационной ситуацией. Любое не штатное изменение объекта в данной ситуации требует вмешательства и управленческих действий. Основная характеристика такой ситуации – стационарность.

Кроме того для информационной ситуации существует важная характеристика – сложность [29-31]. На Рисунке 2. приведена модель более сложной транспортной информационной ситуации. Она имеет несколько путей и большее количество объектов инфраструктуры. Она также характеризуется отсутствием подвижного объекта. Эта информационная ситуация также может быть названа статической информационной ситуацией. Любое не штатное изменение объекта в данной ситуации требует вмешательства и управленческих действий. Основная характеристика такой ситуации – стационарность.



Рисунок 2. Более сложная по отношению к Рисунку 1 информационная ситуация

На Рисунке 3. приведена комплексная модель информационной транспортной ситуации. Она содержит модель стационарной информационной ситуации и объект управления.

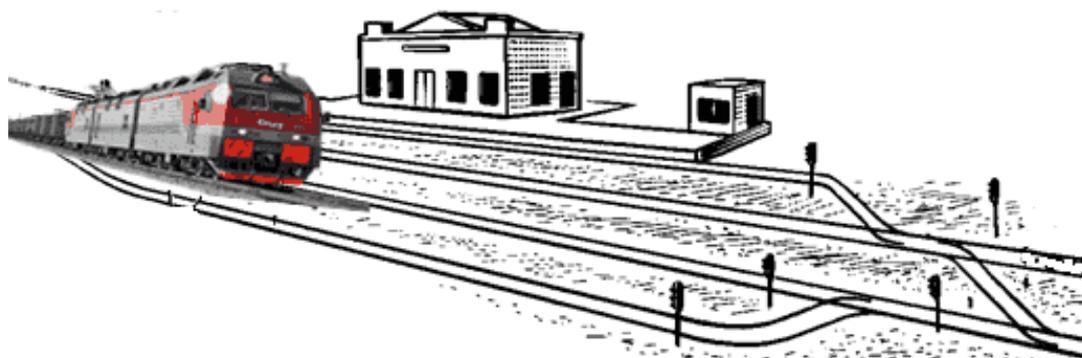


Рисунок 3. Объект управления в информационной ситуации

Модель транспортной ситуации может иметь различные формы представления и различные целевые назначения. Одной из характерных моделей информационной ситуации является комплексная информационно топологическая ситуация (Рисунок 4). Ее отличием является совмещение топологической схемы с топографическими обозначениями.

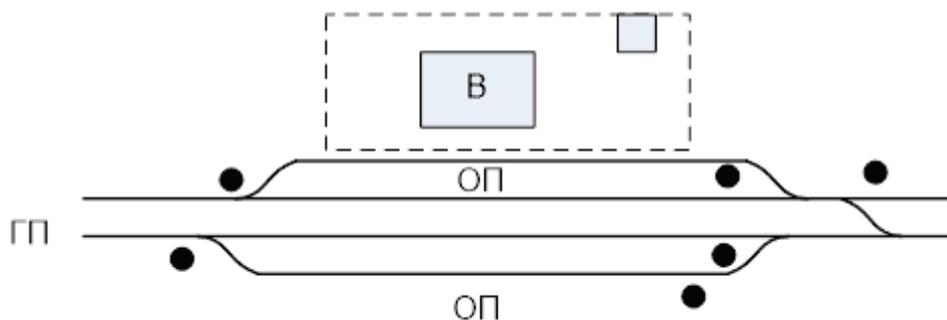


Рисунок 4. Комплексная информационно-топологическая ситуация

На Рисунке 4. выделены светофоры, главные пути, объездные пути, вокзал и перрон. Другой формой представления информационной ситуации является ее специализированная форма. Одной из таких специализированных информационных ситуаций может быть коммуникационная (Рисунок 5.) или телекоммуникационная ситуация.

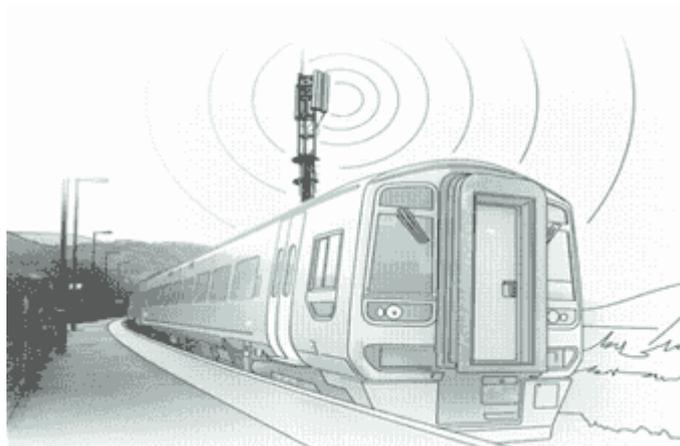


Рисунок 5. Коммуникационная информационная ситуация

Это вид ситуации отражает специализированную часть транспортной инфраструктуры. Специализированная информационная ситуация отражает определенный аспект рассмотрения. Например, коммуникационная ситуация является основой создания коммуникационной связи и коммуникационного управления. При этом коммуникационная ситуация может быть частью коммуникационного пространства на всем пути движения объекта, а может быть локальной на небольшой части участка движения объекта.

Информационная ситуация как фактор ситуационного управления.

Ситуационное управление распространено достаточно широко. При этом в литературе выделяют два направления. Первое направление, которое можно назвать семиотическим или теоретическим связано с развитием идей Д. Поспелова. Это направление разрабатывалось в сфере искусственного интеллекта и слабо привязано к реальным технологиям управления транспортом. Оно может быть использовано при стратегическом анализе и стратегическом планировании [32]. Оторванность данного направления от практики привела к тому, что за рубежом появилось управленческое направление - ситуационный менеджмент, которое не использует и обходится без идей ситуационного управления Д. Поспелова. Это – второе направление ситуационного управления называют технологическим или прикладным.

Особенностью обеих направлений в том, что в них не используют понятие модель информационной ситуации, но фактически используют эту модель как распределенную модель. Это можно расценивать как упущение обеих направлений. Понятие информационной ситуации существенно снижает информационную нагрузку на лицо принимающее решение, поскольку оно выделяет из множества факторов внешней среды только те ключевые факторы, которые влияют на объект управления.

Особенность управления на транспорте состоит в том, что объектами управления являются не столько подвижные объекты, сколько грузопотоки, для которых существуют информационные ситуации, но значительно более сложные, чем только для объектов. Ситуационное управление на транспорте имеет ряд особенностей:

- применение спутниковых технологий для управления транспортом;
- применение информационного моделирования при управлении транспортом;
- применение пространственной информации и геоинформатики для управления транспортными объектами;
- применение пространственного ситуационного моделирования;
- применение интеллектуальных систем для управления транспортом;
- использование моделей информационных ситуаций без явного использования понятия и моделей информационных ситуаций.

Заключение.

Управление транспортом требует высокой оперативности управления, включающей анализ ситуации, в которой находится объект управления. Это уже наталкивает на необходимость использования модели информационной ситуации. В силу роста объемов информации и проблемы «больших данных» человеческий интеллект не в состоянии решать объемные управленческие задачи. Для этого необходимо создавать новые модели и методы управления. Модель транспортной информационной ситуации является одной из новых моделей управления. Частично она освещена в работе [28], а данная работа является развитием этих идей. Модель транспортной информационной ситуации является инновацией, которая позволяет повысить эффективность управления транспортом. Она позволяет снижать информационную нагрузку на человека. Модель транспортной информационной ситуации позволяет систематизировать управленческие ситуации и переходить от управления с непредвиденными обстоятельствами к стереотипному управлению, которое по оперативности на 2-3 порядка превосходит первое направление.

Список литературы

1. Чехарин Е.Е. Большие данные: большие проблемы // Перспективы науки и образования. - 2016. - №3. - с.7-11.
2. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Информационные процессы в пространстве «больших данных» // Мир транспорта. - 2017. – Т.15, №6(73). – с.20-30.
3. Васютинский И.Ю., Цветков В.Я., Шингарева К.Б., Болотин В.В., Пусенков В.Б., Кожевников Д.И. Тенденции развития основных школ управления // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2012.- №1. - с.90 -95.
4. Цветков В.Я. Развитие технологий управления // Государственный советник. – 2015. - №4. – с5-10.
5. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool //

European researcher. Series A. 2012, Vol.(36), № 12-1, p.2166- 2170.

6. Лотоцкий В.Л. Информационная ситуация и информационная конструкция // Славянский форум. - 2017. -2(16). – с.39-44.

7. Tsvetkov V. Ya. Dichotomic Assessment of Information Situations and Information Superiority // European Researcher. Series A. 2014, Vol.(86), № 11-1, pp. 1901-1909. DOI: 10.13187/er.2014.86.1901

8. Ожерельева Т.А. Информационная ситуация как инструмент управления // Славянский форум, 2016. -4(14). – с.176-181

9. Потапов А. С. Информационная ситуация и информационная позиция в информационном поле // Славянский форум. - 2017. - 1(15). – с.283-289

10. Поспелов Д.А. Принципы ситуационного управления. -Известия РАН СССР, Техническая кибернетика. -1971.-№2 .-С. 10-17.

11. Клыков Ю.И. Ситуационное управление большими системами. –М.:Энергия.-1974.-134 с.

12. Поспелов Д.А. Большие системы. Ситуационное управление. –М.: Знание, 1975.-62 с.

13. Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления.-М.: Энергия, 1981. –231 с.

14. Цветков В.Я. Семиотический подход к построению моделей данных в автоматизированных информационных системах // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2000. - №5. - с. 142-145

15. Поспелов Д.А. Ситуационное управление. Теория и практика. –М.: Наука, 1986. –284 с.

16. Васильев В.И. Интеллектуальные системы защиты информации - М.: Машиностроение, 2012, - 171 с.

17. Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Прикладные модели информационного управления. М.: ИПУ РАН, 2004. – 129 с.

18. Цветков В. Я. Информационное управление.-LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co //KG, Saarbrücken, Germany. – 2012. – №. 201с.

19. Охотников А.Л. Информационное ситуационное управление на транспорте . Saarbrücken. : Palmarium Academic Publishing, 2018. –143 с. ISBN 978-613-9-82104-4.

20. Замышляев А.М. Информационное управление в транспортной сфере // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 4(4). – с.11-24

21. Carlisle H. M. Situational management: a contingency approach to leadership. – Amacom, 1973.

22. Chapman S. L., Jeffrey D. B. Situational management, standard setting, and self-reward in a behavior modification weight loss program //Journal of consulting and clinical psychology. – 1978. – V. 46. – №. 6. – p. 1588.

23. Mayer J. H., Winter R., Mohr T. Situational management support systems //Business & Information Systems Engineering. – 2012. – V. 4. – №. 6. – p. 331-345.

24. Цветков В. Я. Информационные модели объектов, процессов и ситуаций // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2014. – № 5. – С. 4–11

25. Охотников А. Л. Информационные модели при управлении транспортом // Наука и технологии железных дорог. - 2017. -2(2). – с.60-75.

26. Рюмкин К. В. Информационные технологии управления в транспортной сфере // Перспективы науки и образования. - 2017. - №6 (30). - с.155-161.

27. Цветков В.Я. Теория систем: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2018. – 88 с. ISBN 978-5-

317-05718-3

28. Дзюба Ю. В., Охотников А. Л. Мобильное управление подвижными объектами // Наука и технологии железных дорог. – 2018. – 1(5). – с.16-25.

29. Майоров А.А. Сложность информационных конструкций // Славянский форум, 2016. - 3(13). – с.141-145

30. Tsvetkov V.Ya. Complexity Index // European Journal of Technology and Design, 2013, Vol.(1), № 1, p.64-69.

31. Железняков В. А. Уровни сложности информационных систем// Славянский форум, 2015. - 3(9) - с.97-104.

32. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Семиотическое управление транспортными системами // Славянский форум, 2015. - 2(8) - с.275-282.

УДК: 625. 3

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

- Булгаков С.В.** к.т.н., доцент, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), E-mail: bul@bk.ru, Москва, Россия
- Аннотация.** Статья исследует развитие методов геодезического обеспечения железной дороги. Определение геометрических параметров является основой геодезического обеспечения. Дается анализ геодезического обеспечения при обычном движении. Высокоскоростное движение выдвигает новые требования к геодезическому обеспечению. Развитие современных информационных технологий создает базу для развития комплексных средств измерений. Развитие спутниковых технологий и мобильных систем расширяет возможности геодезического обеспечения железных дорог. Статья выделяет основные направления модернизации геодезического обеспечения железных дорог.
- Ключевые слова:** транспорт, железная дорога, геодезическое обеспечение, цифровое моделирование.

DEVELOPMENT OF METHODS FOR GEODETIC SUPPORT OF THE RAILWAY

- Bulgakov S. V.** PhD, Assoc.Professor, Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), E-mail: bul@bk.ru, Moscow, Russia
- Annotation.** The article explores the development of methods for geodetic support of the railway. The definition of geometric parameters is the basis of geodetic support. The article analyzes geodetic support during normal traffic. High-speed movement puts forward new requirements for geodetic support. The development of modern information technologies creates a basis for the development of integrated measuring instruments. The development of satellite technologies and mobile systems expands the geodetic support of railways. The article highlights the main directions of modernization of geodetic support for railways.
- Keywords:** transport, railway, geodetic support, digital modeling

Введение.

Российские железные дороги реализуют около 20 % грузооборота и 10 % пассажирооборота от всех железных дорог мира. Для повышения эффективности железных дорог Российской Федерации разработана стратегия развития до 2030 г. (распоряжение правительства № 877-р от 17.06.2008 г.), в соответствии с которой необходимо проводить модернизацию существующих объектов инфраструктуры и методов ее контроля. Одной из важных задач развития ЖД является переход на цифровые методы контроля, проектирования и эксплуатации железных дорог (распоряжение открытого акционерного общества (ОАО) «Российские железные дороги» № 2511 от 03.12.2010 г.). В некоторых случаях это направление называют цифровизацией [1]. Основой перехода на цифровые методы является автоматизация геодезических работ.

Железные дороги можно рассматривать как сложные технические системы [2] и как геотехнические системы [3] и даже как сложные организационно-технические системы [4]. Эта сложная система подвержена воздействию многочисленных нагрузок и воздействию природно-климатических факторов. Для обеспечения безопасности движения выполняют контроль технического состояния железных дорог. В соответствии с регламентами регулярно проводят работы по текущему состоянию железной дороги и осуществляют мониторинг железной дороги. Все виды мониторинга от мониторинга состояния рельсовой колеи до мониторинга ее модернизации предусматривают геодезические измерения параметров рельсовой колеи и геометрических размеров сооружений. Геомониторинг предполагает контроль состояния земляного полотна.

Определение геометрических параметров.

Расширение скоростных режимов движения [5], рост объемов перевозок повышают требования к оценке геометрии рельсовой колеи. Это приводит к необходимости расширения методов геодезического обеспечения железных дорог. Для определения геометрических параметров используют различные технические системы: путеизмерительные станции [6], диагностические лаборатории, системы управления выправкой пути [7], путевые машины [8], обеспечивающие «шаг» съемки (0,2-0,5 м). В основе работы этих систем лежит определение стрел изгиба и других параметров с использованием линейных и угловых датчиков на измерительной базе, ограниченной длиной вагона (17-22 м).

Кроме того, широкое распространение получили различные шаблоны и специализированные приборы. Однако, эти системы измерений имеют ограничения, не позволяющие измерять длинные неровности пути в плане и профиле, особенно при повышении скоростей движения, когда необходимо измерять неровности на хорде длиной до 200 м [9]. При этом измеряемые геометрические параметры пути часто являются локальными и не всегда связаны с пространственными системами координат, что ограничивает применение цифровых технологий.

Применение методов геоинформатики и автоматизированных геодезических методов [10] позволяет определять геоданные [11] и геометрические параметры в единой системе координат [12]. Это создает возможность преобразования результатов измерений в локальной системе в другие системы координат. Применение геоинформатики создает возможность получать в любой точке геометрические параметры, в том числе возможность трехмерного моделирования [13, 14] и автоматизированного управления выправкой пути [15]. Следует отметить, что применение геодезических методов для съемки в сечениях пути с «шагом» 0,2-0,5 м становится неэффективным из-за высокой трудоемкости.

Для использования геоданных при определении геометрических параметров пути необходимо автоматизировать процесс измерений в геодезии и геоинформатике в стандартах ОАО «РЖД» [10], что позволит перейти на использование цифровых методов. Автоматизация определения геометрических параметров пути дает возможность повысить производительность работ при операционном контроле, исполнительных съемках и контроле качества ремонтных работ, а также определении динамики изменения геометрических параметров при эксплуатации железнодорожного пути.

Особенности геодезического обеспечения.

Геодезическое обеспечение при эксплуатации железных дорог включает широкий спектр задач, связанных с проектированием, строительством, ремонтом и эксплуатацией [16]. Следует

отметить, что развитие железных дорог обуславливает развитие инженерной геодезии в целом и разработку новых средств и методов геодезического обеспечения железных дорог. Задачи контроля и мониторинга, решаемые на железных дорогах, связаны с измерением и определением геометрических размеров пространственных параметров сооружений и взаимного положения элементов конструкции.

Однако, можно выделить два подхода, один из которых следует назвать локальным, второй координатным или глобальным. Локальный метод осуществляет локальные измерения на небольших участках без привязки к координатным системам. В этом методе используют локальные измерения и локальные координаты. Его преимущество в скорости. Координатный метод опирается на единую координатную систему, в силу чего использует не локальные координаты, а геоанные [11] связанные с внешней координатной системой. Его преимущество в точности и возможности глубокого анализа.

Одна из особенностей мониторинга железных дорог связаны с необходимостью измерения линейных объектов. Термин «линейные объекты» является типовым для геоинформатики и типовым в трубопроводном транспорте. Линейные объекты на железных дорогах подвержены воздействию динамических нагрузок, что влияет на геометрические параметры верхнего строения пути.

Необходимо разделять понятия точность измерений и погрешность измерений [17]. Точность - это статистически сопоставимая величина, характеризующая разные методы. Погрешность характеризует отклонение и связана с прибором или методом. Точности измерений предусматривают широкий диапазон допусков: от 1 м до 1 мм.

Широкий спектр задач геодезического обеспечения [18] обуславливает различные требования к точности и диапазону измерений набор средств и методов. Средства измерения включают десятки типов геодезических приборов, шаблонов, приборов для контроля и мониторинга состояния инженерных сооружений. Практика показывает, что основными методами измерений и получения пространственной информации для локальных задач являются относительные методы (Гоникберга, хорд и т. д.) [16].

Особенность геодезического обеспечения железных дорог заключается в применении, наряду традиционной геодезической аппаратурой современных приборов, например, мобильных лазерных сканеров [19]. Главным фактором, влияющим на методы геодезического обеспечения, является применение относительных методов измерений и контроля состояния рельсовой колеи, верхнего строения пути. Например, съемка пути при натурных проверках и других видах работ выполняется относительным методом Гоникберга. Контроль состояния рельсовой колеи выполняется методом хорд по стрелам изгиба на хорде 20 м. При этом одним из главных критериев оценки является плавность хода. Отклонения пространственного положения оси пути от проектного до июля 2017 г не контролировались, поскольку это не было предусмотрено по регламенту. В настоящее время в нормативную базу внесены соответствующие изменения (распоряжение ОАО «РЖД» № 1376р от 17.08.2017 г.). В соответствии с изменениями положения оси пути в настоящее время регламентируются не только габаритами приближения строений, но и пространственным положением оси пути. Современные вагоны - путеизмерители, оснащенные лазерными измерительными системами, измеряют стрелы изгиба, продольные уклоны и другие относительные параметры [20]. Для обеспечения безопасности движения регулярно измеряются габариты приближения строений.

Для постановки пути в проектное положение заказчику передаются эпюры рихтовок, при

наличии второго пути - от соседнего пути и продольный профиль. Пространственные данные (геоданные) при относительных измерениях в глобальных системах координат не используются, даже если геодезическая съемка выполнялась в пространственных системах координат с использованием тахеометров. Это связано с тем, что в настоящее время в России пока только на ограниченном числе дорог (например, ЗСЖД и Октябрьская железная дорога) применяются системы управления выправкой пути, принцип работы которых основан на применении геоданных.

Основной способ постановки пути в проектное положение при строительстве - это измерение расстояния от соседнего пути, сравнение его с проектным расстоянием (по эюре рихтовок) и сдвигка пути на необходимую разность. Такой подход минимизирует временные и материальные затраты и время постановки пути в проектное положение. Однако он имеет недостатки. Основной недостаток - изменение пространственного положения пути с течением времени. В силу различных причин при текущем ремонте пути, из-за динамических нагрузок и других факторов путь может смещаться в плане и профиле.

Второй недостаток состоит в дорогостоящем и трудоемком способе разбивочных геодезических работ [21]. Относительные методы не обеспечивают устранение длинных неровностей в плане и профиле, а также на многорадиусных кривых. В этой ситуации плавность хода обеспечивается только для ограниченного диапазона скоростей. Развитие высокоскоростного движения [22] требует принципиально новых методов геодезического обеспечения, использования координатных методов и создания нормативно-правовой базы их внедрения.

Геодезическое обеспечение инженерных сооружений должно выполняться на всех этапах строительства (ремонта) [23, 24]. Стереотипно выполняются подготовительные работы по созданию опорной геодезической сети, составление разбивочных чертежей, разбивочные работы, операционный контроль. На заключительном этапе выполняются исполнительные съемки и геомониторинг. Следует отметить, что в современных работах выполняют не только геодезический, но и геоинформационный мониторинг [25, 26] и космический мониторинг [27]. Их интеграция привела к появлению геомониторинга [28] как интегрированной технологии, объединяющей геодезические и геоинформационные технологии, а также методы дистанционного зондирования [29]. Все виды мониторинга приводят к необходимости комплексного мониторинга [30] как составной части геодезического обеспечения.

Для обеспечения эффективности геодезического обеспечения железных дорог разрабатывают технологические схемы выноса в натуру инженерных объектов. Эти технологии включают методику измерений, контроля качества строительно-монтажных работ и другие мероприятия. Эффективность геодезического обеспечения повышается за счет автоматизации на всех этапах работ [10].

При строительстве линейных транспортных объектов наиболее трудоемкие процессы геодезических работ в настоящее время автоматизированы. Этапы операционного контроля и исполнительных съемок выполняют с использованием специальной аппаратуры, например универсальный дорожный курвиметр (УДК) «Ровность» [31]. При строительстве железных дорог уровень автоматизации геодезических работ выше по сравнению со строительством автомобильных дорог [32].

Большой объем работ на железной дороге выполняется при ремонте и модернизации дороги. Геодезическое обеспечение при выполнении данных видов работ осложняется тем, что

необходимо обеспечивать график движения поездов, а ремонт проводить в ограниченные сроки, скажем в 6-часовое «окно». Поэтому геодезическое обеспечение ремонта дорог включает максимально возможное повышение производительности работ.

Состав работ при геодезическом обеспечении пути.

Методика натурной съемки при проектировании, реконструкции, капитальном ремонте пути включает следующие работы [33]: разбивочные работы; создание опорной геодезической сети; закрепление пикетов и других точек на местности; измерение плановых координат и высот (X , Y , H); подготовку проектных данных. Капитальный ремонт выполняется в шесть этапов: первый этап - подготовительный; второй этап - вырезка загрязненного балласта; третий этап - замена рельсошпальной решетки; четвертый этап - отделочные работы, выправка пути в плане и профиле, стабилизация балластной призмы; пятый этап - замена инвентарных рельсов на рельсовые плети и уравнивательные рельсы; шестой этап - окончательная выправка пути.

Третий и четвертый этапы работ связаны с большим объемом геодезического обеспечения. Третий этап предусматривает балластировку пути, постановку пути на балласт и в проектное положение в плане и по профилю. Четвертый этап предусматривает выправку пути в плане, профиле и по уровню методом сглаживания и оправкой балластной призмы. При выполнении работ на этом этапе предусматривается в соответствии с существующей технологией несколько технологических циклов:

- первичная выправка после балластировки пути (основные работы);
- последующие выправки после дополнительной отсыпки балласта (отделочные работы);
- выправка и стабилизация пути в плане, профиле и по уровню;

- замена инвентарных рельсов на сварные плети с выгрузкой плетей в середину колеи, снятием инвентарных рельсов и надвижкой плетей с постановкой их в оптимальный температурный интервал закрепления со сваркой на длину блок- участка или перегона. При этом контролируются габариты приближения строений, линейные координаты (привязка по пути) и длины рельсовых плетей с координатами их закрепления. Работы выполняются в режиме операционного геодезического контроля;

При выполнении основных работ по выправке пути используются выправочно – подбивочно - рихтовочная (ВПр) машина ВПр-02, динамический стабилизатор пути (ДСП), планировщик балласта (ПБ). При выполнении отделочных работ используется ВПр-02, стабилизатор ДСП, планировщик балласта ПБ.

При замене инвентарных рельсов на сварные нити используются рельсовозный состав, путеразборочный состав и другая техника. При окончательной выправке пути используется машина «Доуматик 09-32», динамический стабилизатор пути ДСПС. Технологическая схема выполнения работ в общем виде приведена на Рисунке 1.

На всех этапах технологии выполняется операционный контроль, включая монтажно-строительные работы, контроль качества, в том числе контроль параметров кривых. Большой объем геодезических работ в сжатые сроки, особенно, если работы выполняются «в 5-6-часовое окно» требует наличия самых современных приборов и оборудования, применения современных геодезических методов контроля геометрических параметров.

Балластировка пути, отделочные работы и окончательная выправка пути. Работы по балластировке пути выполняются после укладки новой рельсошпальной решетки механизированным комплексом в составе хопер–дозаторов [34], электробалластера, стабилизатора ДСП, машины ВПр-02 и быстроходного планировщика ПБ. Производится

выгрузка нового щебеночного балласта из хопер-дозаторов с подъемкой пути на балласт с электробалластером. Рыхлый балласт в призме уплотняет и стабилизирует машина ДСП. После второй выгрузки щебня из хопер-дозаторов путь в плане и профиле рихтует машина ВПР-02. Оправку балластной призмы и формирование ее плеча шириной не менее 40 см производит быстроходный планировщик балласта ПБ. В местах нехватки щебеночного балласта из хопер-дозаторов выгружают щебеночный балласт для отделочных работ.



Рисунок 1. Структурная схема технологии реконструкции верхнего строения пути и капитального ремонта

Отделочные работы. За весь период отделочных работ машина ВПР-02 дважды рихтует путь в плане, устанавливает его в профиле на уровень проектных отметок и выправляет. Динамический стабилизатор ДСП тремя проходами стабилизирует путь, планировщик управляет балластную призму.

Окончательная выправка пути производится машиной ВПР-02, при этом выправляются все круговые и переходные кривые и окончательно устанавливаются отметки продольного профиля по проекту. На перегоне производится замена инвентарных рельсов на рельсовые плети и уравнильные рельсы. Предварительно рельсовые плети доставляются на перегон к месту укладки рельсовозным составом с базы рельсосварочного поезда. Укладочным краном УК-25/9-18 с навесным приспособлением производится демонтаж инвентарных рельсов, передвижка и закрепление длинномерной плети. После выполнения приведенных работ выполняется окончательная выправка и стабилизация пути с использованием машины «Доуматик 09-32». Машина выправляет путь и окончательно выставляет отметки профиля по проекту, динамический стабилизатор ДСП стабилизирует путь, путевой гайковерт ПМГ подтягивает и смазывает клеммные и закладные болты, планировщик ПБ делает оправку балластной призмы. Работы выполняются в «окна».

Геодезическое обеспечение эксплуатационной работы (средний ремонт, планово-

предупредительные выправки) на железных дорогах включает ремонтные работы, контроль геометрических параметров, габаритов приближения строений, при этом наиболее трудоемкой и объемной работой является инструментальная проверка станционных железнодорожных путей [25], которая выполняется один раз в 10 лет, а для горочных путей - 1 раз в 3 года. Работа выполняется в соответствии с нормативными требованиями [23, 24]. Состав работ содержит: подготовительные работы; построение опорной геодезической сети; разбивочные работы; съемку плана и профиля станционных путей; обработку пространственных данных; формирование цифровых моделей планов и продольных профилей.

Эти геодезические работы составляют 80% всего объема геодезических работ при эксплуатационной работе. Основными недостатками этого геодезического обеспечения является наличие трудоемких методов работ (разбивочные работы, инструментальная съемка пути, привязка объектов инфраструктуры, определение габаритов приближения строений).

Средства и методы измерений при геодезическом обеспечении проектно-изыскательских работ, строительстве и эксплуатации железных дорог

Определение геометрических параметров железных дорог в России начали проводить с 1870 года, первый путеизмеритель был создан И. Н. Ливчаком. С 50-х годов XX века определение геометрии пути выполняется с использованием путеизмерителей на базе вагона типа [20], различных моделей тележек, шаблонов и аэрофотосъемки.

Современные средства определения геометрических параметров железных дорог включают путеобследовательские станции КВЛПЗ.0, ЦНИИ-4, «Эра», «Интеграл», переносные средства измерений - ПТ-7МК на базе ходовых тележек. В основе работы лежат относительные методы измерений.

Сущность определения геометрических параметров заключается в определении параметров с помощью угловых и линейных датчиков. Стрелы изгиба измеряются с применением датчиков на длине измерительной хорды (1720м), ширине колеи и возвышении рельса. Эти средства измерений обычно обеспечивают требования к геометрии рельсовой колеи при скоростях движения до 140 км/ч. При увеличении скорости возникает необходимость определения неровностей в плане и профиле на хорде до 100-200 м. Это условие многие существующие измерительные средства не обеспечивают из-за функциональных ограничений.

Решением проблемы определения геометрии рельсовой колеи на большой хорде заключается в применение координатных методов с использованием инерциальных средств измерения, спутниковых систем, лазерного сканирование, мобильной аэрофотосъемки и комплексных методов, включающих совокупность измерительных средств. Методически это заключается в переходе от относительных методов измерения к измерению геоанных [11].

Средства измерений для определения геоанных и геометрических параметров на железной дороге основан на применении традиционных методов, включающих разбивочные работы с использованием электронных тахеометров, нивелиров, теодолитов и различных шаблонов. Анализ литературы, посвященной контролю рельсовой колеи, показывает, что эти средства широко представлены различными моделями путеизмерительных тележек [36]: TachyRail фирмы «GEO-METRIKAG» (Германия); Swiss trolleys фирмы «Terra Vermessungenag» (Швейцария); GRP System FX фирмы «Amberg Technologies» (Швейцария); РПИ (Россия, г. Самара, НПЦ ИН «Инфотранс»).

Одна из моделей представлена Рисунке 2. Это автоматизированная система TachyRail фирмы «GEO-METRIK AG» [37], содержащая инерциальную систему и компоненты глобальной

навигационной спутниковой системы. Такой комплекс позволяет определять координаты и геометрию рельсовой колеи.

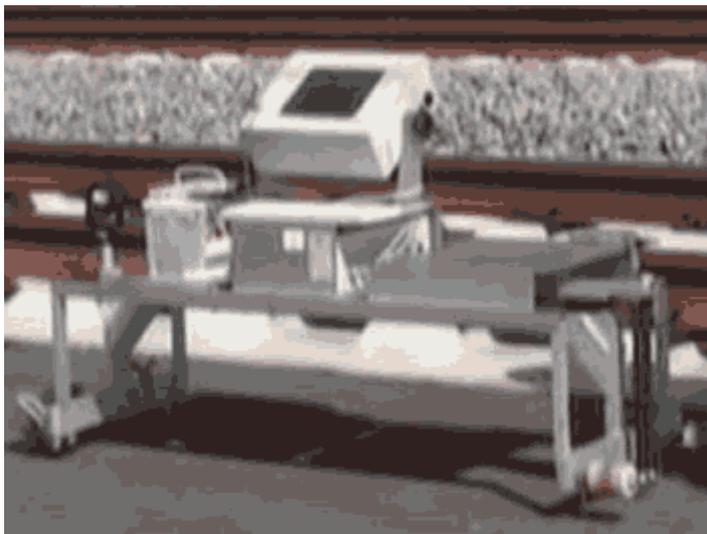


Рисунок 2. Система TachyRail «GEO-METRIK AG».

Другая подобная система приведена на Рисунке 3. Она представляет собой измерительный комплекс GRP System FX [38]. Amberg GRP System FX - это универсальное системное решение для получения точной геометрии дорожек и отслеживания данных об окружающей среде.



Рисунок 3. Система GRP System FX «Amberg Technologies»

Благодаря модульной конструкции система съемки может быть оптимально адаптирована к индивидуальным требованиям. Система легко транспортируется, что позволяет легко интегрировать геодезические работы в процессы строительства железных дорог. Существуют различные конфигурации системы GPR 1000, GPR 3000, GPR 5000 [38].

Эти модели отражают общую тенденцию измерения фактического положения

железнодорожного пути с помощью автоматизированных путеизмерительных комплексов (АПК) или автоматизированные путеизмерительные тележки (АПТ) [39]. Как правило, их комплектация включает: высокоточный электронный тахеометр или спутниковый приемник. АПК конструктивно представляют собой тележку, перемещаемую вручную по железнодорожному пути. На тележке установлено измерительное оборудование, которое позволяет определять фактическое положения железнодорожного пути. Кроме того, как промежуточный этап построения пути выполняют геоинформационное моделирование [40] и цифровые карты и цифровые модели [41].

Заключение.

Одной из особенностей, сопровождающей современное геодезическое обеспечение, является рост объемов данных необходимых при обработке и анализе [42]. Проведенный анализ показывает, что современные тенденции развития методов геодезического обеспечения включают несколько направлений:

Методически важным является направление, связанное с переходом от аналоговых методов моделирования к цифровым [43, 44].

Второе направление связано с использованием комплексных информационно-измерительных средств, оно обусловлено необходимостью измерения больших хорд для высокоскоростного движения.

Третье направление связано с переходом от измерительных средств к информационно-измерительным, при этом следует подчеркнуть, что средства измерения становятся информационно-измерительными [17], а не просто измерительными.

Четвертое направление связано с переходом от относительных методов измерения к координатным методам измерений.

Пятое направление связано с применением мобильно-навигационно-сканерных систем на объектах железнодорожного транспорта [19].

Таким образом, современное геодезическое обеспечение железных дорог испытывает качественное преобразование по методике и измерительной базе.

Список литературы

1. Уманский В. И., Павловский А. А., Дзюба Ю. В. Цифровая Железная Дорога. Технологический уровень // Перспективы науки и образования. 2018. №1. – с.208-213.
2. Железнов И. Г. Сложные технические системы (оценка характеристик): учеб. пособие для техн. вузов. – М.: Высшая школа, 1984.
3. Цветков В.Я., Кужелев П.Д. Железная дорога как геотехническая система // Успехи современного естествознания. -2009. - №4. - с. 52.
4. Буравцев А. В. Цифровая железная дорога как сложная организационно-техническая система / Наука и технологии железных дорог. – 2018. – 1(5). – с.69-79.
5. Журавлева Н. А. Влияние скоростного режима перевозок на величину железнодорожного тарифа //ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2014. – №. 4.
6. Кулябко А. М. Экономика и безопасность: взгляд из путеизмерительного вагона //Путь и путевое хозяйство. – 2011. – №. 1. – С. 2-7.
7. Верескун В. Д., Воробьев В. С., Щербаков В. В. Оценка надежности системы управления выправкой пути на базе глобальных навигационных спутниковых систем //Вестник Ростовского

государственного университета путей сообщения. – 2009. – № 4. – С. 53-56.

8. Попович М. В., Волковойнов Б. Г., Атаманюк А. В. Обеспечение стабильности железнодорожного пути путевыми машинами после глубокой очистки балластного слоя //Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2008. – № 6 (19).

9. В. М. Круглов, В. В. Щербаков и др. Комплекс для определения параметров пути // Путь и путевое хозяйство. – 2002. – № 2. – С. 5–7.

10. Сычев В. П. Об автоматизированной системе технического обслуживания железнодорожного пути //Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2012. – № 3. – С. 49-52.

11. V. P. Savinykh and V. Ya. Tsvetkov. Geodata As a Systemic Information Resource. Herald of the Russian Academy of Sciences, 2014, Vol. 84, No. 5, pp. 365–368.

12. Розенберг И.Н. Цветков В.Я. Координатные системы в геоинформатике – МГУПС, 2009 – 67с.

13. Дышленко С.Г. Принципы трехмерного моделирования в ГИС. //Науки о Земле. - №4-2012.- с.65-71

14. Дышленко С.Г., Цветков В.Я. Построение трехмерных цифровых моделей // Славянский форум, 2016. -3(13). – с.89-97

15. В. В. Щербаков, И. А. Бунцев, И. В. Щербаков, и др. Разработка систем автоматизированного управления выправкой пути на базе ГНСС О. // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015 : XI Междунар. науч. конгр. ; Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т., Новосибирск, 13–25 апр. 2015 г. – Новосибирск :СГУГиТ, 2015. – Т. 2. – С. 113–118/

16. Справочник по железнодорожному строительству / под ред. Б. И. Левина. – М.: Трансжелдориздат, 1958. – 736 с.

17. Цветков В.Я. Информационно измерительные системы и технологии в геоинформатике. - М.: МАКС Пресс, 2016. - 94с. ISBN 978-5-317-05117-4

18. Дышленко С.Г. Пространственные задачи определения координат объектов железнодорожного транспорта // Наука и технологии железных дорог. - 2017. -2(2). – с.31-38.

19. Назаров Д. Г. Опыт применения мобильно-навигационно-сканерных систем на объектах железнодорожного транспорта //Автоматика на транспорте. – 2016. – Т. 2. – № 4

20. Ханиг, В. Путьеизмерительный вагон ЕМ250г // Железные дороги мира. – 2005. – № 8. – Режим доступа: <http://www.css-rzd.ru/zdm/arc.htm>. Дата просмотра 17.03.2018.

21. Багратуни Г. В. и др. Инженерная геодезия -М.: Недра. – 1984.

22. Малеев Е. Г. Вопросы организации высокоскоростного движения на железных дорогах //Технологии XXI века: проблемы и перспективы развития. Сборник статей Международной научно-практической конференции. – 2016. – С. 108.

23. Положение о проведении реконструкции (модернизации) железнодорожного пути / ОАО «РЖД». Департамент пути и сооружений. – М. : НИИТКД, 2009. – 46 с.

24. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации : ЦРБ-756 / МПС РФ. – М. : Транспорт, 2002. – 189 с.

25. Охотников А. Л. Геоинформационный мониторинг транспортных объектов // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 3(3). – с.35-47

26. Цветков В.Я. Геоинформационный мониторинг //Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2005.- №5. - с.151 -155

27. Бондур В.Г., Лёвин Б.А., Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Космический мониторинг транспортных объектов. Учебное пособие. - М.: МГУПС (МИИТ), 2015. – 72с
28. Ознамец В.В., Цветков В.Я. Геомониторинг: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2018. – 112 с. ISBN 978-5-317-05771-8.
29. Савиных В.П., Цветков В.Я. Особенности интеграции геоинформационных технологий и технологий обработки данных дистанционного зондирования // Информационные технологии. - 1999. - №10. - с.36-40/
30. Лёвин Б.А. Комплексный мониторинг транспортной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – с.14-21.
31. Андреев А. В. Универсальный дорожный курвиметр УДК «Ровность» //Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2012. – Т. 1.
32. Технология, механизация и автоматизация путевых работ / под ред. Э. В. Воробьева, К. Н. Дьякова. – М. : Транспорт, 1996. – 375 с.
33. Пикалов, А. С. Выправка пути при реконструкции и ремонте железнодорожных путей с использованием ГИС-технологий и ГНСС // Транспортное строительство. – 2012. – № 1. – С. 23–26
34. Путьто А. В., Коновалов Е. Н., Афанаськов П. М. Прогнозирование остаточного ресурса вагона хоппер-дозатора после длительной эксплуатации с учетом фактических физикомеханических характеристик материала несущей конструкции //Механика машин, механизмов и материалов. – 2016. – №. 1. – С. 26-35.
35. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации: ЦРБ-756 / МПС РФ. – М. : Транспорт, 2002. – 189 с.
36. Жидов, В. М. Обоснование комплексирования спутниковых и инерциальных измерений для съемки железнодорожных путей/ Геодезия и картография. – 2010. – № 11. – С. 10–12
37. <https://www.youtube.com/watch?v=DDL7GCJvT58> Дата просмотра 17.04.2018.
38. <http://www.ambergtechnologies.ch/en/products/rail-surveying/grp-system-fx/> Дата просмотра 17.04.2018.
39. Самратов У. Д., Сакович Л. А., Кривдин Д. Г. О точности определения геометрических параметров железнодорожного пути с помощью АПК // Геопрофи. – 2007. – №. 6. – С. 28-32.
40. Булгаков С.В. Геоинформационное моделирование и информационное взаимодействие // Конструкторское бюро. -2018.- 2(133)- с.47-53
41. Цветков В.Я. Цифровые карты и цифровые модели // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2000. - №2. - с.147-155.
42. Данилов К.В., Капустин Н.И. Технологии Big Data в железнодорожной отрасли инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 4(4). – с.25-33.
43. Куприянов А.О. Цифровое моделирование при проектировании и мониторинге трасс // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – с.70-81
44. Замышляев А.М. Эволюция цифрового моделирования // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – с.82-91.

УДК: 625. 33

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗУБЧАТОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Ознамец В. В. к.т.н., профессор, зав. кафедрой, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), E-mail: voznam@bk.ru, Москва, Россия

Аннотация. Статья раскрывает содержание геодезического обеспечения зубчатой железной дороги. Описаны основные принципы построения и систем зубчатой железной дороги. Показано, что традиционное геодезическое обеспечение не подходит для обслуживания зубчатых железных дорог. Геодезическое обеспечение для обслуживания зубчатых железных дорог должно строиться с использованием интеллектуальных технологий и комплексных методов. При этом геодезическое обеспечение делится на внешнее (участок дороги) и внутреннее (подвижный объект).

Ключевые слова: транспорт, геодезическое обеспечение, зубчатая железная дорога, интеллектуальные технологии

GEODETIC SUPPORT OF A COG RAILWAY

Oznamets V.V. PhD, Professor, Head of the chair, Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), E-mail: voznam@bk.ru, Moscow, Russia

Annotation. The article discloses the maintenance of geodetic support of the cog railway. Paper describes the basic principles and the main types of building a cog railway. The article proves that traditional geodetic support is not suitable for servicing railroads. Geodetic support for maintenance of cog railway should be built using intelligent technologies and integrated methods. Geodetic support is divided into two types of external (road segment) and internal (mobile object).

Keywords: transport, geodetic support, cog railway, intellectual technologies

Введение.

Геодезическое обеспечение направлено на освоение земной поверхности и поддержку различных направлений человеческой деятельности, включая транспорт [1, 2]. Человек изначально осваивал для транспорта равнинные районы, но позже возникала потребность освоения горных районов и развития транспорта для горных условий. Одним из ограничений обычных и железных дорог является крутой подъем и спуск - для преодоления этого ограничения создают серпантины, фуникулёры (рельсовое транспортное средство с канатной тягой для перевозки людей или грузов) и зубчатые железные дороги. Серпантины существенно удлиняют путь и не везде возможна их прокладка, фуникулеры имеют ограниченную грузоподъемность, и их нормальное функционирование существенно зависит от силы и направления воздушных потоков. Зубчатые железные дороги (ЗЖД) стали радикальным решением в преодолении крутых подъемов.

Парадокс создания зубчатых железных дорог состоит в том, что первоначально их

проектировали для равнинной местности. Управляющий шахтами Джон Бленкинсоп (Великобритания, начало XIX века) посчитал, что недавно изобретенная паровая машина на гладких железных рельсах не будет обеспечивать достаточное трение, чтобы тянуть тяжелые вагоны с углем на крутых подъемах железнодорожных путей. Изобретатель предложил размещать с внешней стороны одного из рельсов дополнительный зубчатый рельс, а паровоз оснащать, соответственно, зубчатым колесом, входящем в зацепление с третьим рельсом (Рисунок 1.). Такая железнодорожная система была построена и в течение 25 лет работала на Миддлтонской железной дороге.

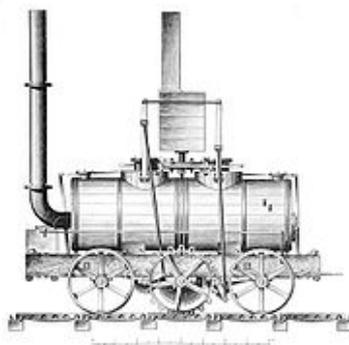


Рисунок 1. Паровоз с зубчатыми колесами системы Бленкинсопа

Идея зубчатой железные дороги получила развитие, и ряд изобретателей стали предлагать свои конструкции и системы:

- Система Марша – первая работоспособная ЗЖД в Соединенных Штатах (железная дорога Mount Washington Cog), разработанная Сильвестром Маршем [3] (Рисунок 2.).

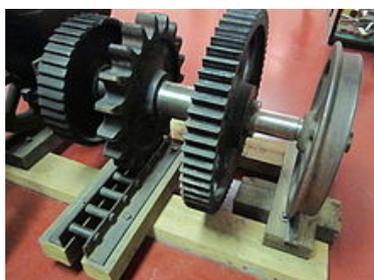


Рисунок 2. Система зубчатых колес Марша

- Система Риггенбаха - (Рисунок 3.) была изобретена Николаусом Риггенбахом примерно в то же время, но независимо от Марша. Прототип железной дороги был построен в Швейцарии, на горе Риги (1871 г.) [6].



Рисунок 3. Система Риггенбаха.

- Система Абта – это развитие системы Риггенбаха, причем на ведущей оси установлено два зубчатых колеса со смещением на пол-зуба, и зубчатый рельс также делается двойным, со смещением зубьев [7], Рисунок 4. Система Абта в настоящее время наиболее распространена на горных железных дорогах и допускает движение с уклоном не более 25 %.



Рисунок 4. Система Абта

- Система Лошера – когда две ведущие оси расположены вертикально, поперек движения, зубчатые колеса крепятся снизу, как бы «зажимая» между собой зубчатый рельс с горизонтальным расположением зубцов. Эта система работает на более крутых склонах, чем другие системы, чьи зубцы потенциально могут выскользнуть вверх из зубчатого рельса. Такая система используется на самой крутой ЗЖД в мире - Pilatusbahn, гора Пилат, Швейцария, где уклон дороги достигает 48 %.



Рисунок 5. Система Лошера.

Подробно не вдаваясь в достоинства и недостатки перечисленных систем ЗЖД, отметим, что в настоящее время в основном применяются системы Абта и Лошера, конечно в современной технической реализации. Зубчатые железные дороги есть во многих странах - в Европе (Швейцария, Германия, Австрия, Греция), в Латинской Америке (Аргентина, Бразилия), также зубчато – рельсовые конструкции применяются для рельсовых тягачей на судопропускных сооружениях (Панамский канал, Красноярская ГЭС и др.)

Принципы функционирования ЗЖД.

Основной принцип ЗЖД - использование зубчатых колес, которые повышают сцепление с рельсом. По этой причине поезда зубчатой железной дороги снабжены специальными зубчатыми колёсами. Локомотив зубчатой железной дороги соединяется своим зубчатым колесом с шестерней третьего рельса и только поэтому не скатывается назад. Технологически ЗЖД представляет собой крутую железную дорогу с зубчатой рейкой, обычно стоящей между направляющими. Поезда оснащены одним или несколькими зубчатыми колесами или

шестернями. Такая конструкция позволяет поездам работать на крутых склонах выше 7-10%, что является пределом для колес с трением.

Переход от непрерывных величин к дискретным.

Геодезическое обеспечение широко применяется для обычных железных дорог и автомобильных дорог. Оно является неотъемлемой частью эксплуатации железных дорог. Естественно, что зубчатые железные дороги также нуждаются в геодезическом обеспечении, которое имеет свою специфику.

Зубчатость означает дискретность моделирования движения и позиции с точностью до зубца колеса. Для геодезического обеспечения это означает переход от непрерывной системы координат к целочисленной [10]. Это приводит к необходимости использования целочисленной математики и целочисленных расчетов. В реальной практике геодезические измерения необходимо приводить или соотносить с размером дискретного интервала, который связан с размером зубца колеса.

От разовых измерений к непрерывному геомониторингу. Другим важным фактором при геодезическом обеспечении ЗЖД является то, что такая дорога проложена на местности, существенно отличающейся от местности, по которой обычно проходит колесная железная дорога. Это часто исключает применение стандартных геодезических технологий наблюдения в силу несоответствия условий, в которых проложена ЗЖД, условиям проведения геодезических работ. В этих случаях требуется применение информационно-измерительных систем [11].

При этом особенностью геодезических работ является не только большая крутизна, но специфические факторы, характерные для горной местности. Эти факторы включают, сейсмоопасность, лавиноопасность, селеопасность, повышенную ветровую нагрузку [12]. Комплексный учет всех этих факторов требует применения комплексных геодезических измерений как технологии геомониторинга, которые часто возможно осуществить только с помощью интеллектуальных технологий.

Геомониторинг является совокупностью принципов, методов и технологий определения геометрических и физических параметров объектов, явлений и процессов на земной поверхности и подземной поверхностью [13]. Как система геомониторинг является основой определения местоположения и навигации подвижных объектов геопространства, включая транспорт, инфраструктуру, окружающую среду и технику. Геомониторинг является средством геодезического обеспечения изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации крупных инженерных комплексов, в том числе гидротехнических сооружений, атомных и тепловых электростанций, промышленных предприятий, линейных сооружений.

При обычном геодезическом обеспечении транспорта выделяют объект наблюдений и точки наблюдений, при этом точки, как правило, фиксированы и определены.

Для геомониторинга выделяют поле мониторинга, в котором находится объект мониторинга. При этом точки наблюдения заранее не фиксированы и могут быть любыми. В некоторых случаях выделяют часть поля мониторинга, которая наиболее существенно влияет на состояние объекта мониторинга. Эту локальную часть поля называют информационной ситуацией [14, 15]. Информационная ситуация помогает описать и понять поведение объекта мониторинга. При геомониторинге выделяют методы или технологии мониторинга, а также в отдельных случаях модель объекта мониторинга. При геомониторинге широко используют информационные технологии и разные информационные модели: информационную модель объекта, модель ситуации; информационную модель явления, информационную модель

процесса, информационную модель состояния, модель информационного взаимодействия; информационные единицы и так далее. Мониторинг на этой основе служит инструментом: наблюдений, контроля, прогнозирования и выработкой управляющих решений для управления объектами мониторинга.

В этом случае традиционная система геодезического обеспечения должна быть заменена на постоянно работающую автоматизированную систему геомониторинга [13]. Сущность автоматизации геомониторинга состоит в расстановке сети датчиков, выдающих комплексную геодезическую и физико-химическую информацию в некий единый центр обработки информации [16].

Примером такой системы может служить интеллектуальная система мониторинга, реализованная на Северо-Кавказской железной дороге [17]. Эта система решает проблему внезапной деформаций земляного полотна или, в более широком смысле, основания железной дороги, поскольку в горных районах основой является горная порода.

Ежегодно на сети дорог в разных странах происходят десятки случаев деформаций дороги, нарушающих ритмичность работы железных дорог, угрожающих безопасности движения и требующих значительного времени и ресурсов на их восстановление. Поэтому система геомониторинга основания дорог создается как единая система, включающая комплекс различных методов диагностики и режимных наблюдений, но, учитывая многообразие инженерно-геологических условий, причин и типов деформаций земляного полотна, для каждого из них этот комплекс будет содержать различный набор методов, средств диагностики и режимов наблюдений. Традиционный аппарат обработки геодезических измерений не применим для обработки сложного комплекса факторов. В силу этого для обработки данных о ситуации в зоне сейсмической или селеопасной ЖД применяют методы интеллектуального анализа и методы мягких вычислений [17].

Внутреннее геодезическое обеспечение.

Рассмотренное геодезическое обеспечение можно назвать внешним поскольку оно служит средство анализа ситуации в которой находится транспортный объект. Внутреннее геодезическое обеспечение связано с измерениями метрического состояния подвижного объекта безотносительно к внешней ситуации. В настоящее время наиболее перспективным средством решения этой задачи являются транспортные кибер-физические системы [18, 19].

Современные транспортные кибер-физические системы являются новыми системами управления транспортом и являются этапом развития интеллектуальных транспортных систем. Применение транспортных кибер-физических систем для ЗЖД упрощается наличием опыта их применения в других видах транспорта и сводится по существу к адаптации таких систем применительно к условиям ЗЖД. Отметим два перспективных направления для ЗЖД, которые подробно раскрыты в [19].

Первое направление связано с интеллектуализацией транспортной инфраструктуры. В основе направления используется концепция интеллектуального движения. Эта концепция является развитием технологий интеллектуальных транспортных систем, дополненных методами моделирования движения и методами моделирования информационной ситуации. Особенность данного направления в том, что оно моделирует экологические факторы, метеорологические факторы и даже ресурсы топлива.

Второе направление, приемлемое для ЗЖД это система COOPERS [20] (CO-Operative System for intelligent road safety), которая интерпретируется как интеллектуальная система дорожной

безопасности. Этот проект применяет интегрированную системы управления движением, основанную на широком применении телематики для дорожной инфраструктуры [21]. Поэтому он включает интегрированное применение методов телематики, с целевой функцией - обеспечение безопасности движения. В этом проекте широко используются беспроводные системы, (V2V и V2I) для сбора полезной информации от транспортных средств (например, скорость, местоположение, время в пути, погодные условия, состояние подвижного объекта). Погодные условия очень важны для ЗЖД, особенно в комплексе с другими факторами. Требованием к созданию таких систем является необходимость создания большой базы данных, совместно используемой операторами трафика и поставщиками услуг транспортных систем. Для ЗЖД такая база данных не является большой в сравнении с обычным транспортном, поскольку условия и маршрут движения как правило ограничены. Внутреннее геодезическое обеспечение при использовании транспортных кибер-физических систем применяется не явно, а в совокупности с другими методами.

Заключение.

Геодезическое обеспечение для зубчатой железной дороги существенно отличается от геодезического обеспечения колесного транспорта. Геодезическое обеспечение для обычных дорог проводится автономно и использует типовые геодезические технологии и методы. Это обусловлено возможностью измерений в обычной железнодорожной ситуации, соответствующей требованиям геодезических работ. Зубчатые железные дороги в своем большинстве это горные железные дороги, окружающие условия которых часто исключают проведение типовых геодезических работ. Кроме того, чисто геодезических измерений недостаточно для оценки состояния ЗЖД. Поэтому геодезическое обеспечение ЗЖД должно осуществляться в комплексе и решать не только задачи метрических измерений, но и задачи прогнозирования состояния дороги с учетом возможных факторов опасности. Геодезическое обеспечение ЗЖД должно быть интегрировано с интеллектуальными технологиями и физико-химическими наблюдениями состояния среды. Геодезическое обеспечение ЗЖД не должно носить разовый характер или циклический характер, а должно быть непрерывным, для чего должно быть интегрировано с технологиями геомониторинга.

Список литературы

1. Ознамец В.В. Геодезическое информационное обеспечение устойчивого развития территорий. - М.: МАКС Пресс, 2018. - 134с.
2. Господинов С.Г. Геодезическое обеспечение цифрового моделирования. // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. - №4 (16). – с.121-130.
3. Sylvester Marsh. cog-railway.com. дата просмотра 12.02.2018.
4. Sylvester Marsh, Improved Cog-Rail for Railroads, U.S. Patent 61,221, January 15, 1867.
5. С. Н. Hitchcock, Chapter IV: The Approaches to Mount Washington, Mount Washington in Winter, Chick and Andrews, Boston, 1871; page 82-85.
6. Jehan, David (2003). Rack Railways of Australia (2nd.ed.). Illawarra Light Railway Museum Society. [ISBN0-9750452-0-2](https://www.amazon.com/dp/0975045202).
7. Roman Abt, Permanent Way for Mountain Railways, U.S. Patent 284,790, September 11, 1883
8. Roman Abt, Locomotive, U.S. Patent 339,831, April 13, 1886.
9. Roman Abt, Rack-Rail for Railways, U.S. Patent 349,624, September 21, 1886.

10. Tsvetkov V.Ya. Integer Coordinates as an Nanotechnological Instrument // Nanotechnology Research and Practice. -2014, Vol. 4, No. 4, pp. 230-236. DOI: 10.13187/ejnr.2014.4.230.
11. Цветков В.Я. Информационно измерительные системы и технологии в геоинформатике. - М.: МАКС Пресс, 2016. - 94с. ISBN 978-5-317-05117-4.
12. Скнарина Н.А. Классификация оползнеопасных территорий // Геодезия и аэрофотосъемка. - 2012. - №1. - с.67-71.
13. Ознамец В.В., Цветков В.Я. Геомониторинг: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2018. – 112 с. ISBN 978-5-317-05771-8
14. Tsvetkov V. Ya. Dichotomic Assessment of Information Situations and Information Superiority // European researcher. Series A. 2014, Vol.(86), № 11-1, pp.1901-1909.
15. Потапов А. С. Информационная ситуация и информационная позиция в информационном поле // Славянский форум. - 2017. - 1(15). – с.283-289.
16. Скнарина Н.А. Решение задач расстановки сети датчиков при организации геоинформационной системы мониторинга оползнеопасных склонов // Кибернетика. -2011. - № 6.- с.34-37. Гановер: Kybernetika-verlag
17. Скнарина Н. А.. Разработка геоинформационной технологии исследования оползневых процессов. Дис., к.т.н. Специальность 25.00.35 – Геоинформатика. - М.: МИИГАиК, 2012. – 164с.
18. Кудж С.А., Цветков В.Я. Сетецентрическое управление и кибер-физические системы // Образовательные ресурсы и технологии – 2017. -2 (19). – с.86-92
19. Лёвин Б.А., Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Транспортные кибер-физические системы // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 3(3). – с.3-15.
20. <http://www.coopers-ip.eu/> Data view 20.09.2017.
21. EU-Kommission legt Frequenzen für Fahrzeug kommunikation fest, Available: <http://www.golem.de/0808/61546.html>. Data view 20.09.2017.

УДК: 517.977.1

КООРДИНАТНАЯ СРЕДА ЦИФРОВОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

- Дзюба Ю.В.** Руководитель Центра стратегического анализа и развития, АО НИИАС, E-mail: u.dzuba@vniias.ru, Москва, Россия
- Аннотация.** Статья анализирует координатную среду цифровой железной дороги, как сложную систему, которая решает задачи поддержки управления цифровой железной дороги. Раскрываются особенности функционирования такой среды в сфере железнодорожного транспорта. Показано, что при решении задач цифровой железной дороги и особенно при высокоскоростном движении необходимо использование двух систем координат геоцентрической и топоцентрической. Показана необходимость постоянного координатного преобразования при перемещении подвижных объектов на большие расстояния. Описаны функции координатной среды как сложной системы.
- Ключевые слова:** транспорт, цифровая железная дорога, управление, сложная система, поддержка принятия решений, координатные системы

DIGITAL RAILWAY COORDINATE ENVIRONMENT

- Dzuba Yu.V.** Head, Strategic analysis and development center, JSC "NIIAS", E-mail: u.dzuba@vniias.ru, Moscow, Russia
- Annotation.** The article analyzes the coordinate environment of the digital railway as a complex system that solves problems of supporting the management of the digital railway. The peculiarities of the functioning of such an environment in the railway transport are revealed. It is shown. That when solving problems of the digital railway and especially with high-speed traffic, it is necessary to use two coordinate systems geocentric and topocentric. The need for constant coordinate transformation when moving objects over long distances is shown. The functions of the coordinate environment as a complex system are described.
- Keywords:** transport, digital railway, management, complex system, decision support, coordinate systems

Введение. При выборе термина для обозначения объекта исследования у автора имелись варианты: координатная система, координатная среда, функциональная система поддержки, информационное пространство. Понятие «координатная система» широко используется в математике [1] и геодезии [2] для описания пассивной системы координат описывающей различные пространственные поля, пространственные объекты и перемещение объектов. Объект исследования имеет функции не присущие координатной системе и обладает элементами активности. Поэтому данный термин не подходит по функциональным признакам. Понятие «информационное пространство» при внимательном анализе является синонимом координатной системы [3-5]. Этот объект исследования противопоставляют информационному полю. Информационное поле [3-5] активно и имеет внутреннее содержание. Информационное пространство пассивно. Оно не выполняет аналитические функции и функции поддержки.

Функциональная система поддержки по определению оторвана от реального пространства, в котором происходят перемещения транспортных потоков. Координатная среда [6] ассоциируется с понятием координатная система и с понятием внешняя среда. Внешняя среда активна и имеет внутреннее содержание [7, 8]. Поэтому объект, обозначаемый термином координатная среда, описывает пространство, систему координат, и обладает активностью и функциональностью. Функциональность обусловлена тем, что данный объект связан с цифровой железной дорогой, которая требует поддержки, то есть реализации функций поддержки. Координатная среда цифровой железной дороги более узкое понятие по сравнению с понятием координатная среда. Но оно более функционально.

Функциональность координатной среды цифровой железной дороги.

Современные сложные системы и в первую очередь системы управления делятся на системы исполнительные и системы поддержки [9-11]. Координатная среда цифровой железной дороги является системой поддержки. Эта среда используется также при использовании интеллектуальных транспортных систем и транспортных киберфизических систем. Для цифровой железной дороги (ЦЖД) важно применение координатной среды, которая формируется как внутри подвижного объекта, так и вне его. Особенность цифровой железной дороги в том, что движение в ней контролируется в трех инстанциях. Внутри подвижного объекта, в локальной системе движения объекта и в глобальной системе управления подвижными объектами. Для всех этих систем важную роль играет координатная среда. Координатная среда интегрирует разные координатные системы.

Координатная среда цифровой железной дороги выполняет множество функций. К организационным функциям координатной среды цифровой железной дороги (КСЦЖД) относят формирование, анализ и представление информации о мобильных объектах и процессах на обслуживаемом системой железнодорожном направлении. К сервисным функциям КСЦЖД относят формирование визуальных моделей объектов и их расположение на местности. К сервисным функциям КСЦЖД относят реализацию геодезического обеспечения и поддержки инфраструктуры и среды. К аналитическим функциям КСЦЖД относят формирование информации о состоянии инфраструктуры и положении мобильных объектов.

К аналитическим функциям КСЦЖД относят решение пространственных задач, анализ процессов, происходящих в пространстве. К аналитическим функциям КСЦЖД также относят формирование пространственных моделей и моделирование пространственных процессов. К управленческим функциям КСЦЖД относят формирование информации для поддержки принятия решений и формирование информации для реализации многоцелевого управления. Это является ключевой особенностью, КСЦЖД должна обеспечивать поддержку многоцелевого, а не одноцелевого управления. К управленческим функциям КСЦЖД относят формирование информации для передачи в интеллектуальные транспортные системы или транспортные киберфизические системы. К управленческим функциям КСЦЖД относят прогнозирование состояния среды и маршрутов подвижных объектов.

Компоненты КСЦЖД.

Координатная среда ЦЖД включает следующие основные компоненты: локальную систему координат, вложенную в глобальную систему; дискретную информацию об инфраструктуре объектов железной дороги, базу данных состояния инфраструктуры.

Координатная среда ЦЖД должна обеспечивать единство применяемых систем координат [6]. Железные дороги представляют собой сложные топологические пространственные

информационные конструкции. Для метрического отображения сети железных дорог необходима единая система координат, связывающая между собой все объекты сети.

Основу системы координат, применяемой на перегонах между станциями, составляет пикетаж, позволяющий указывать положение объектов дороги и решать задачи проектирования и строительства в полосе местности вдоль путей. Но эта система координат неоднозначна – пикетаж, полученный по разным веткам, соединяющим одинаковые пункты, различается. Математическое решение пространственных задач при таких системах координат осложняется. Естественными координатами, связывающими удаленные (и не только удаленные) пункты, являются общеземные и референсные глобальные системы координат [2].

Геодезические координаты (широта, долгота и высота) позволяют в единой системе описывать положение удаленных друг от друга пунктов. Они позволяют решать любые геометрические задачи – вычислять расстояния, углы, площади и т. д. Однако угловые меры, в которых эти координаты выражают, делают их неудобными для решения инженерных задач и локальных задач управления. Они менее наглядны и менее понятны для широкого круга специалистов. В то же время плоские прямоугольные координаты, применяемые при съемке станций или опирающиеся на пикетаж на перегонах, просты и понятны пользователям.

В системе плоских прямоугольных координат ограниченный участок земной поверхности изображается как плоский. При этом координатные оси x , y лежат в плоскости. При использовании этой системы координат кривизной земной поверхности пренебрегают. Высоты на планах изображают горизонталями и подписываемыми на плане в отдельных точках отметками. Ввиду простоты и наглядности в КСЦЖД должна применяться система плоских прямоугольных координат.

Недостатком плоских прямоугольных координат является невозможность отображения без искажений большой территории выпуклой земной поверхности. Поэтому задача изображения больших территорий решается по частям - зонам. Решение геодезических задач на большие расстояния усложняется, а при использовании местных систем плоских координат, оно становится невозможным.

Точность координатной среды.

Необходимо обеспечить решение задач управления ЦЖД с точностью, которая требуется по техническим условиям. Например, расчет элементов для разбивки на местности искусственных сооружений (мосты, эстакады, тоннели и др.) выполняется с точностью до миллиметров. Для плоских прямоугольных систем координат требование точности означает ограничение размеров зоны, так как увеличение размеров зоны ведет к увеличению искажений на границах зоны. Эти искажения возникают при изображении выпуклой земной поверхности на координатной плоскости xy . Поэтому при применении плоских прямоугольных координат приходится ограничивать размеры отображаемой территории такими пределами, чтобы обеспечить пренебрежимо малые искажения расстояний и углов при выполнении съемок, создании графических изображений местности, разбивке сооружений. Для ЦЖД возникает дополнительный параметр – скорость. Чем выше скорость, тем меньше размер зон. На рис.1 приведены исходные условия.

Пусть – допустимое δH нарушение неплоскостности. Тогда оно связано с допустимым участком пути L_0 и углом кривизны ω . Это показано на Рисунке 1.

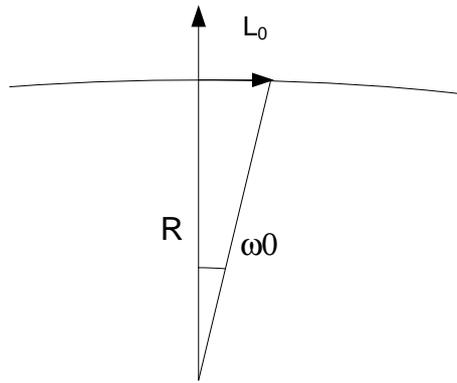


Рисунок 1. Плоская система координат и допустимый плоский участок

Связь показана в выражении

$$\delta H = L_0 \omega_0 \quad (1)$$

$$L_0 = R \omega_0 \quad (2)$$

При скоростном движении длина участка возрастает (Рисунок 2.)

$$L = v dt \quad (3)$$

$$L = R \omega_1 \quad (4)$$

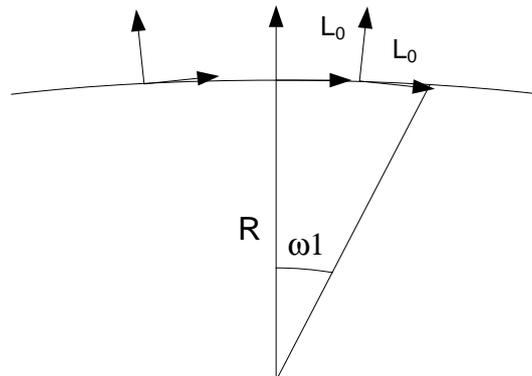


Рисунок 2. Рост числа допустимых участков при высокой скорости

Коэффициент K показывает во сколько раз реальное скоростное движение требует деления участков движения L на плоские. Координаты на поверхности Земли называют топоцентрическими.

$$K = L / L_0$$

Информация о точных координатах объектов в глобальной координатной системе координат, а также о точных координатах в местной системе координат в случае достаточно большой площади носит закрытый характер. Конкретные ограничения регламентируются специальными документами. Поэтому доступ к глобальным координатам ограничен, они не могут быть использованы в оперативном режиме широким кругом лиц, какие имеют место при эксплуатации железной дороги и при строительстве различных сооружений.

На практике пользуются местными системами координат – на каждой станции своя система координат, а на перегонах – координаты «в системе пикетажа», где ось x направлена по оси пути, а ось y ей перпендикулярна.

Рассмотрение требований, предъявляемых ЦЖД к системе координат, приводит к выводу о противоречивости этих требований. Ни одна система координат не отвечает одновременно всем требованиям. Необходимо сочетание разных систем координат. В основе глобального управления ЦЖД должны быть положены глобальные координаты, позволяющие отображать положение объектов в единой системе. Это обеспечит возможность решения глобальных задач. Доступ к глобальным координатам по режимным соображениям должен быть ограничен.

Для локального управления и эксплуатации дорожного хозяйства, целесообразно использовать более доступные для общего пользования плоские прямоугольные координаты. Каждый участок должен иметь свою удобную и доступную локальную систему координат.

Вместе с тем должны существовать связи с глобальной системой координат, позволяющие переходить от местных координат к глобальным координатам. Благодаря этому все измерения в локальной системе координат оказываются доступны для решения задач глобального характера.

Для координирования станций, перегонов могут применяться привычные местные системы координат. При этом должно существовать математическое и программное обеспечение привязки к глобальным системам. Для ЦЖД координаты следует сопровождать семантическим признаком, указывающим, в какой именно системе выражены координаты.

Общеземные и референсные системы координат.

При выборе глобальной системы координат для КСЦЖД необходимо учитывать существование общеземных и референсных систем координат.

Общеземная система координат является геоцентрической. Начало системы координат расположено в центре масс Земли. Ось Z направлена к среднему северному полюсу, в так называемое Международное Условное Начало (МУН) [12,13]. Ось X направлена по линии пересечения плоскостей экватора и начального меридиана. Ось Y дополняет систему координат до правой. Положение точки МУН зафиксировано рекомендациями Международной Службы Вращения Земли, а положение начального меридиана – рекомендациями Международного Бюро Времени, чем устранена неопределенность положения координатных осей из-за движения полюсов. Параметры общего земного эллипсоида выводят, исходя из требования, чтобы его масса, центр инерции, угловая скорость и ось вращения совпадали с соответствующими параметрами Земли, а поверхность наилучшим образом аппроксимировала поверхность геоида.

В настоящее время используются две общеземные координатные системы – ПЗ-90 (Параметры Земли 1990 г.) [14] и WGS-84 (World Geodetic System 1984) [15]. Некоторые параметры этих систем приведены в Таблице 1.

Таблица 1.

Параметры общеземных координатных систем

Параметры и обозначения	ПЗ-90	S-84WG
Большая полуось эллипсоида, a	6 378 136 м	6 378 137 м
Сжатие, α	1/ 298, 257 839 303	1/ 298, 257 223 563
Угловая скорость вращения Земли, ω_E	7 292 115 · 10 ⁻¹¹ рад·с ⁻¹	7 292 115 · 10 ⁻¹¹ рад·с ⁻¹
Гравитационная постоянная Земли, μ	3 986 004,4 · 10 ⁸ м ³ ·с ⁻²	3 986 005 · 10 ⁸ м ³ ·с ⁻²

Референтные системы координат служат для определения координат пунктов в пределах той

или иной страны или региона. В референцной системе выражены координаты государственной геодезической сети, составляются и издаются карты. Основой референцной системы координат служит *референц-эллипсоид* - земной эллипсоид, являющийся наилучшим приближением поверхности геоида в пределах обеспечиваемой координатной системой территории. При определении параметров референц-эллипсоида задача совмещения центров эллипсоида и Земли обычно не ставится. В России референц-эллипсоидом служит эллипсоид Красовского и связанная с ним система координат 1942 года (СК-42).

Согласно Постановлению Совета Министров РФ №568 2000 г. с 1 июля 2002 г. предстоит перейти к новой референцной системе координат СК-95. В СК-95 сохранены размеры эллипсоида Красовского ($a=6378245$ м, $\alpha=0,003352329869$) и прежние координаты астрономической обсерватории Пулково, а координатные оси направлены параллельно координатным осям ПЗ-90. Система координат закреплена пунктами государственной геодезической сети, положение которых определено совместным уравниванием астрономо-геодезической сети, космической геодезической сети и доплеровской геодезической сети. Средняя квадратическая ошибка положения смежных пунктов сети – 2-4 см, а удаленных на 400-450 км – около 0,4 м.

Этим же постановлением рекомендована к применению и геоцентрическая система координат ПЗ-90, закрепленная на местности пунктами космической геодезической сети, расположенными на территории стран СНГ и Антарктиды. В этой сети средние квадратические ошибки взаимного положения пунктов – около 0,3 м при расстояниях между ними 1,5-2 тыс. км.

Общеземной, геоцентрической системой координат пользуются при глобальной проводке транспортных средств, в первую очередь морских и воздушных. Спутниковая система ГЛОНАСС использует координатную систему ПЗ-90. Спутниковая система GPS для тех же целей использует координатную систему WGS-84. Поэтому в основу координатной среды ЦЖД следует принять координатную систему СК-95, предусмотрев возможности использования и других координатных систем, а также преобразования из одной координатной системы в другую. Повсеместное применение спутниковых радионавигационных систем на транспорте привело к тому, что наибольшее распространение на практике получили глобальные пространственные геодезические системы координат: прямоугольные $\{OXYZ\}$ и эллипсоидальные $\{OBLH\}$ Рисунки 3 и 4.

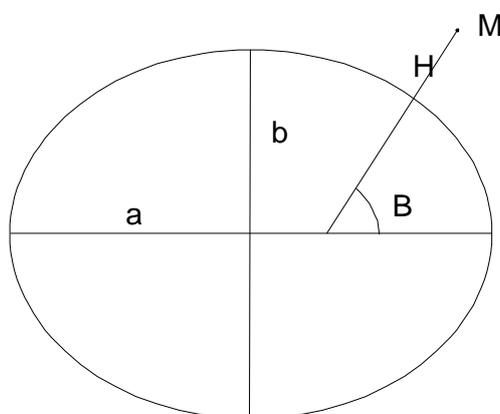


Рисунок 3. Глобальная геодезическая система координат

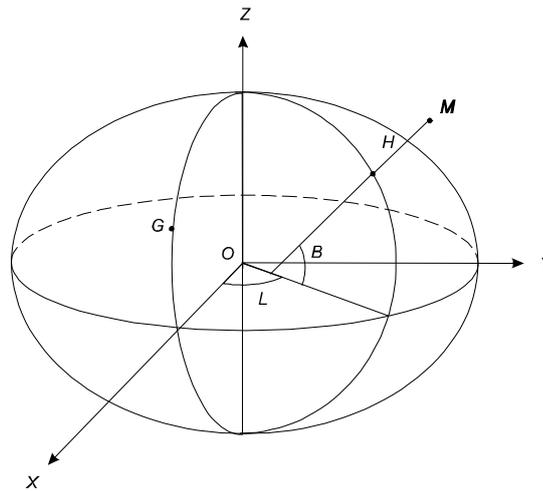


Рисунок 4. Эллипсоидальная систем координат

Ось Z прямоугольной геоцентрической системы координат направлена на северный полюс Земли, ось X – в точку пересечения экватора с Гринвичским меридианом, ось Y дополняет образованную экваториальную систему до правой. Система участвует в суточном вращении Земли, оставаясь неподвижной относительно точек земной поверхности и потому удобна для определения положения земных объектов. Положение точек земной поверхности в эллипсоидальной системе координат определяется геодезическими широтой – B и долготой – L . Геодезической широтой точки M называют острый угол B , образованный нормалью к эллипсоиду, проходящей через неё, с плоскостью экватора. Геодезической долготой L точки M называют двугранный угол, образованный плоскостью Гринвичского меридиана и меридиана точки M . Отрезок нормали, от точки M до поверхности эллипсоида, называют геодезической высотой H точки M . Отрезок нормали, от поверхности эллипсоида до пересечения с осью Z называют радиусом кривизны нормального сечения и обозначают через N .

Из Рисунка 4. следует группа формул, связывающих прямоугольные координаты и сферические:

$$\begin{aligned} X &= (N+H)\cos B \cos L, \\ Y &= (N+H)\cos B \sin L, \\ Z &= (e^2 N/a^2 + H) \sin B, \end{aligned} \quad (5)$$

где a и b – большая и малая полуоси эллипсоида.

$$N = a^2 / (a^2 \cos^2 B + b^2 \sin^2 B)^{1/2}$$

Обратным преобразованием формул (5) можно получить формулы вычисления эллипсоидальных координат по прямоугольным следующего вида:

$$\begin{aligned} B &= \arctg (Z + e'^2 b \sin^3 \theta) / (p - e^2 a \cos^3 \theta); \\ L &= \arctg(Y/X); \quad H = p/\cos B - N, \end{aligned} \quad (6)$$

где e и e' – первый и второй эксцентриситеты земного эллипсоида,

$$e^2 = (a^2 - b^2) / a^2 ; e'^2 = (a^2 - b^2) / b^2,$$

p и θ - вспомогательные величины, определяемые формулами

$$p = (X^2 + Y^2)^{1/2}, \theta = \arctg(Z a) / p$$

Прямоугольные и эллипсоидальные пространственные координаты не имеют искажений, связанных с методом картографического проектирования и потому очень удобны при создании полностью автоматизированных навигационных кибернетических систем. Если же в таких системах появляется фактор визуализации, связанный с работой оператора, или диспетчера, то приходится переходить к более наглядным плоским системам координат.

Сущность движения в ЦЖД при больших расстояниях состоит в итеративных процедурах

$$\text{ЛТЦС1} \rightarrow \text{ГЦС} \rightarrow \text{ЛТЦС2} \rightarrow \text{ГЦС} \rightarrow (7)$$

Здесь ЛТЦС1 – локальная топоцентрическая система 1. ГЦС – геоцентрическая система. ЛТЦС2 – локальная топоцентрическая система 2.

Второй вариант состоит в преобразовании ЛТЦС1 → ЛТЦС2 с учетом углов поворота и точек смещения, полученных из ГЦС, которая параллельно контролирует движение объекта. То есть в этом случае координаты подвижного объекта одновременно измеряются в двух системах координат.

Важной процедурой является переход от геоцентрических пространственных координат к топоцентрическим координатам. Переход ГЦС → ЛТЦС осуществляется наиболее просто. Действительно, для этого достаточно, повернуть систему {OXYZ} вокруг оси Z на угол L, а затем вокруг оси Y на угол 90° – B, после чего совместить начало системы координат с точкой M. Очевидно, что в этом случае топоцентрические координаты: x, y, z любой точки могут быть получены из геоцентрических координат: X – X_M, Y – Y_M, Z – Z_M с помощью двух матриц вращения

$$\begin{bmatrix} \cos(90^\circ - B) & 0 & -\sin(90^\circ - B) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(90^\circ - B) & 0 & \cos(90^\circ - B) \end{bmatrix} \text{ и } \begin{bmatrix} \cos L & \sin L & 0 \\ -\sin L & \cos L & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

После перемножения последних, получим формулу для перевычисления геоцентрических координат в топоцентрические координаты следующего вида

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin B \cos L & -\sin B \sin L & \cos B \\ -\sin L & \cos L & 0 \\ \cos B \cos L & \cos B \sin L & \sin B \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} X - X_M \\ Y - Y_M \\ Z - Z_M \end{bmatrix} \quad (8)$$

Эта формула удобна для перевычисления координат ЦЖД из геоцентрической системы координат, в плоскую топоцентрическую. Вместе с тем, приходится считаться с возможной необходимостью перевычисления топоцентрических координат в локальные железнодорожные и государственные системы координат.

Преобразование пространственных прямоугольных координат из одной системы в другую ЛТЦС1 → ЛТЦС2. Переход от одной пространственной системы прямоугольных координат X, Y, Z к другой X', Y', Z' выполняют путем смещения начала координат на $\Delta X, \Delta Y$, и ΔZ и трех поворотов: вокруг оси X на угол ω_x , вокруг оси Y на угол ω_y и вокруг оси Z на угол ω_z . Направление поворота по ходу часовой стрелки (если смотреть от начала координат) считают положительным. При этом изменение координат в результате поворота вокруг оси X , описывается формулой

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega_x & \sin \omega_x \\ 0 & -\sin \omega_x & \cos \omega_x \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

Если вращение происходит только вокруг оси Y , то

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \omega_y & 0 & -\sin \omega_y \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \omega_y & 0 & \cos \omega_y \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}.$$

Если вращение происходит только вокруг оси Z , то

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \omega_z & \sin \omega_z & 0 \\ -\sin \omega_z & \cos \omega_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}.$$

Поскольку углы $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ не превышают $1''$, косинусы углов полагают равными 1, синусы – самим углам, выраженным в радианах, а произведениями синусов пренебрегают. Тогда, после перемножения трех матриц вращения получим формулу перехода от одной системы координат к другой

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1 + \Delta m) \begin{bmatrix} 1 & \omega_z & -\omega_y \\ -\omega_z & 1 & \omega_x \\ \omega_y & -\omega_x & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix},$$

где Δm – изменение масштаба.

В Таблице 2 приведены линейные и угловые параметры перехода от одной системы координат к другой. Во всех приведенных случаях $\Delta m = 0$. При обратном переходе знаки параметров изменяются на противоположные.

Таблица 2.

Параметры перехода от одной системы пространственных координат к другой

Направление перехода	Линейные элементы, м			Угловые элементы, "		
	ΔX	ΔY	ΔZ	ω_x	ω_y	ω_z
От ПЗ-90 к СК-95	-25,90	+130,94	+81,76	0	0	0
От ПЗ-90 к WGS-84	0	0	+1	0	0	-0,2
От ПЗ-90 к СК-42	-25	+141	+80	0	0,35	0,66

Заключение.

Для решения подавляющего большинства геодезических задач, возникающих в ходе эксплуатации объектов железнодорожного транспорта, в ходе их реконструкции и строительства, глобальные системы координат неудобны. Пространственные геоцентрические координаты не наглядны, так как ориентировка координатных осей не связана с земной поверхностью. Геодезические координаты непрактичны - формулы и алгоритмы решения треугольников, прямых и обратных геодезических задач на поверхности эллипсоида сложны. Удобнее – система плоских прямоугольных координат x, y , где абсцисса x и ордината y указывают положение точки на ограниченном участке земной поверхности. Такие координаты нагляднее, а использование их проще.

Поэтому КСЦЖД должна выполнять функции преобразования координат из одной системы в другую. Второй вариант ее применения требует измерения координат объектов ЦЖД сразу в двух системах: топоцентрической и геоцентрической и ориентации топоцентрической системы относительно геоцентрической по мере перемещения объекта транспорта.

Список литературы

1. Математика, ее содержание, методы и значение. – М. АН СССР, 1956./ в трех томах Т1-296с., Т2- 392с., Т3-335с.
2. Геодезия, Картография, Геоинформатика, Кадастр. Энциклопедия. В 2 томах. / Под редакцией А.В. Бородко, В.П. Савиных. - Москва, 2008. Том I А-М.
3. Ожерельева Т.А. Об отношении понятий информационное пространство, информационное поле, информационная среда и семантическое окружение // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 10 – с. 21-24
4. Цветков В.Я. Информационное поле и информационное пространство // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. - 1-3. – с.455-456.
5. Tsvetkov, V. Ya. Information Space, Information Field, Information Environment // European Researcher. Series A. 2014, Vol.(80), № 8-1, pp.1416-1422.
6. Розенберг И.Н. Цветков В.Я. Координатные системы в геоинформатике – МГУПС, 2009 - 67с
7. Файзуллин Р. В., Давлетова Р. С., Коловертнов Р. А. Влияние внешней среды на стратегическое планирование развития промышленного предприятия // Экономика и предпринимательство. – 2013. – №. 7. – С. 519-522.
8. Петров А. И. Город. Транспорт. Внешняя среда. Устойчивость общественного транспорта

городов в условиях неблагоприятного влияния внешней среды - Тюмень: ТюмГНГУ. – 2013.

9. Кравченко Т. К. Системы поддержки принятия решений //Информационные технологии для современного университета. – ГНИИ ИТТ «Информика», 2011. – С. 107-118.

10. Геловани В. А. и др. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нестандартных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды -М.: Эдиториал УРСС. – 2001. – 304с.

11. Тихонов А.Н., Цветков В.Я. Методы и системы поддержки принятия решений. - М.: Макс Пресс, 2001. -312с

12. Вострецов В. И. Геодезические системы координат //Интернет-Вестник ВолгГАСУ. – 2008. – №. 2. – С. 3-3.

13. Бермотов В.И. Аналитический обзор основных методов изучения динамики ИСЗ.- Академия Наук СССР Сибирское Отделение. Сибирский институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн, 1990 -121с.

14. Галазин В. Ф. и др. Система геодезических параметров земли" Параметры Земли 1990 года"(ПЗ-90)/Под ред //ВВ Хвостова. М.: Координационный научно-информационный центр. – 1998.

15. Decker B. L. World geodetic system 1984. – Defense Mapping Agency Aerospace Center St Louis Afs Mo, 1986.

УДК: 625.3

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИТУАЦИЙ ЗУБЧАТОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

- Шлапак В.В.** к.т.н., доцент, декан геодезического факультета, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК),
E-mail: geofak@miigaik.ru, Москва, Россия
- Лонский И.И.** к.т.н., доцент, заведующий кафедрой, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК),
E-mail: lonski@inbox.ru, Москва, Россия
- Аннотация.** Статья исследует применение методов цифрового моделирования для анализа ситуаций зубчатой железной дороги (ЗЖД). Дана классификация основных видов моделирования. Описаны технологические особенности моделирования ситуаций. Показано что цифровое моделирование для ЗЖД имеет в качестве основной компоненты прогностическую составляющую и в отдельных случаях требует непрерывного мониторинга.
- Ключевые слова:** транспорт, зубчатая железная дорога, информационная ситуация, цифровое моделирование

DIGITAL SIMULATION OF COG RAILWAY SITUATIONS

- Shlapak V.V.** PhD, Assoc. Professor, Head of the faculty, Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), E-mail: geofak@miigaik.ru, Moscow, Russia
- Lonskiy I.I.** PhD, Assoc. Professor, Head of the chair, Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), E-mail: lonski@inbox.ru, Moscow, Russia
- Annotation.** Is investigated the application of digital modeling techniques for the analysis of the situation of a cog railway in the article. Classification of the main types of modeling is given. Are described the technological features of modeling situations. It is shown that the digital simulation for the railway has as its main component a prognostic component and in some cases requires continuous monitoring.
- Keywords:** transport, cog railway, information situation, digital modeling

Введение

В широком смысле цифровое моделирование - это применение методов дискретной математики для решения прикладных задач. Различают качественно разные виды цифрового моделирования. Впервые цифровое моделирование возникло в радиосвязи [1, 2]. Цифровая телефонная связь и цифровое телевидение являются примерами объектов этого направления [3, 4]. Широко применяется цифровое моделирование в геодезии и геоинформатике [5, 6]. Оно является пространственным цифровым моделированием и служит для описания моделей рельефа, отдельных пространственных объектов [7-9] и пространственных явлений, таких как миграция или пространственное распределение экономических показателей. Цифровое моделирование применяется в аэродинамических исследованиях для определения свойств

изделий. Цифровое моделирование применяется в проектировании и изысканиях [10, 11]. Цифровое моделирование применяется в исследовании механических конструкций в первую очередь зубчатых передач и зубчатых колес.

Зубчатая железная дорога (ЗЖД) как феномен нуждается в различных видах цифрового моделирования. В ней необходимо пространственное моделирование ситуации и моделирование износостойкости зубчатых передач. Кроме этого необходимо моделировать физические условия ситуации, в которой находится ЗЖД для прогнозирования возможных критических последствий. Условия функционирования зубчатых железных дорог оказывают прямое воздействие на природу, а иногда их активизация может приводить к человеческим жертвам и материальным потерям. ЗЖД функционирует в горных условиях, и насущной необходимостью является разработка методов моделирования ситуаций функционирования зубчатых железных дорог, в частности методов цифрового моделирования, включая пространственное цифровое моделирование. Для исследования ситуаций, в которых функционируют зубчатые железные дороги необходимо применять цифровые методы обработки информации, полученной с помощью геологического и геодезического обеспечения [12, 13], а также с помощью геоинформационного моделирования.

Общие принципы моделирования

Моделированием называют изучение свойств явления или объекта путем построения его модели и исследования ее свойств [14]. Существует много способов моделирования явлений, отличающихся видами моделей, технологическими схемами моделирования, структурами исходных данных, а также методам интерпретации [15]. В науках о Земле и на транспорте различают физическое, аналитическое, цифровое моделирование.

При физическом моделировании модель воспроизводит изучаемый процесс или объект с сохранением его физической природы. К хорошо известным приложениям физического моделирования относятся моделирование на макетах летательных аппаратов в аэродинамических трубах. Применительно к ЗЖД следует говорить о воспроизведении нештатной ситуации возникновения деформации ЗДЖ. При этом появляется возможность идентификации и описания цифровых моделей местности «с натуры».

Аналитическое моделирование основывается на использовании математического аппарата в определенной координатной системе. При аналитическом моделировании изучают явления, описываемые математическими формулами или функциями. Например, вектор может быть моделью движения подвижного средства или сползающего грунта. Вектор может характеризовать внешнее воздействие на ЗЖД. Составляющие вектора будут указывать на типы компонент воздействия. В настоящее время аналитическое моделирование - это наиболее распространенный вид моделирования и прогнозирования пространственных явлений.

Цифровое моделирование использует результаты сбора информации и математический аппарат, но оно относится к области дискретной математики и вычислительной техники. Цифровое моделирование часто применяют, когда аналитическое описание получить невозможно. В математике ему имеется аналог «численные методы».

В основе цифрового моделирования лежит эмпирическое понимание явления и технологии процесса в виде локальных пространственных моделей [16], которые в совокупности решают глобальную задачу. Реализуется цифровое моделирование с помощью вычислительных комплексов. Характерным примером является цифровая модель рельефа. Она может содержать:

- дискретный набор точек, в которых проведены измерения;

- аналитические или эмпирические функции;
- аппроксимирующую модель рельефа;
- ограничения или участки с разным типом рельефа.

С помощью этой модели можно прогнозировать состояние рельефа поверхности для любых изменяющихся условий, моделируя его в компьютере. Применяется имитационное моделирование для особо сложных систем, для которых получить физическую модель или аналитические описания невозможно в силу высокой размерности задачи, ее многообразия и неопределенности.

Кроме того, для всех видов моделирования существует лингвистическое обеспечение. Умение выразить изучаемую проблему языком информатики [17] определяет успех методов моделирования и прогнозирования. По сути каждая активно функционирующая система имеет свой язык, понятийное поле и, аналогично тому, как важно осуществить адекватный перевод с одного языка на другой для эффективного взаимодействия носителей разных культур, важно обеспечить их взаимопонимание. До сих пор этому этапу не уделяется должного внимания: он существует вне сферы формализованного исследования и отражает лишь искусство постановщика цели и задач. Следует упомянуть развитие новых разделов науки: когнитивный анализ [18-19], теория нечетких множеств, лингвистическая математика, искусственный интеллект - которые также применяют в цифровом моделировании.

Информационная ситуация как важная часть цифрового моделирования

Об информационной ситуации написано достаточно много работ [20-24]. Отметим, что эта модель включает модель объекта исследования и ближайшее окружение, которое на него воздействует. Модель информационной ситуации позволяет выделить ту часть внешней среды, которая оказывает существенное влияние на объект исследования. Модель информационной ситуации является отражением реальной ситуации с выделением наиболее значимых параметров, воздействующих на объект.

Наиболее важной для ситуации ЗЖД является устойчивость склона и прогноз возможного смещения склона вследствие метеорологических или сейсмических факторов. Аналитическое моделирование горных процессов в ситуации ЗЖД наиболее важная составляющая проблемы цифрового моделирования. Она имеет достаточно длительную историю. Ряд методов проверен временем. Эти методы широко применяются в практике оценки устойчивости склонов и откосов. Результирующим параметром при их использовании является коэффициент устойчивости склона горы или коэффициент запаса устойчивости.

Оценка коэффициента устойчивости горного склона производится путем вычисления отношения сумм удерживающих и сдвигающих сил, действующих по поверхности горного склона, которые могут создать оползневое тело и привести к его смещению. К удерживающим силам относят реактивные силы сопротивления грунта сдвигу и, при наличии поддерживающих сооружений, силы воспринимаемого ими оползневого давления, а также те активные силы, которые направлены в сторону, обратную направлению предполагаемого смещения горной массы. Активные силы включают тангенциальные составляющие веса пород и сооружений, находящихся над поверхностью оползневого смещения, а также фильтрационные силы, гидростатические силы, вибрационные и сейсмические нагрузки.

Сдвигающими считают активные силы, которые направлены по направлению предполагаемого оползневого смещения горной массы [25].

Для характеристики ситуации применяют понятие коэффициент устойчивости горной массы,

который характеризует устойчивость склона при внешних воздействиях. На расчет величины коэффициента устойчивости влияют: неточность определения исходных параметров, неполное соответствие принятой расчетной схемы природному объекту, погрешность метода расчета [26]. В силу этого значение коэффициента устойчивости является приближенным.

Методическое решение задачи устойчивости

Для информационного анализа горной ситуации часто требуется определять величину давления грунта от смещающегося массива на ограждающую конструкцию (оползневое давление). Все расчетные методы оценки коэффициента устойчивости склонов основаны на применении теории предельного равновесия, рассматривающей предельное напряженное состояние грунтового массива. Наиболее разработанной методикой является программный продукт SLOPE/W [27].

Пользуясь программами для оценки устойчивости, нужно учитывать не только результат расчета, например, коэффициент запаса устойчивости горной породы, но и процесс получения результата.

SLOPE/W – это один компонент целого пакета программ под названием GeoStudio. Одна из особенностей интегрированного подхода заключается в том, что программа предназначена для решения более широкого и сложного спектра проблем, включая учет действия подземных вод (давления поровой воды), псевдостатический анализ и др. Такой интегрированный подход не только расширяет возможности анализа, но и помогает преодолеть некоторые ограничения оценки склонов методом предельного равновесия. Хотя SLOPE/W и является индивидуальным продуктом, все же применение SLOPE/W как компонента сложной системы геотехнических программ даст весомый результат при комплексных исследованиях состояния склонов.

Все опции SLOPE/W можно последовательно подвести к некоторой закономерности, если рассматривать программу с точки зрения 5 ее составляющих:

- Геометрия – описание форм потенциальных плоскостей скольжения.
- Прочность грунта – физико-механические свойства грунтов.
- Давление поровых вод – влияние на устойчивость зон обводнения.
- Взаимодействие «грунт-конструкция» - оценка устойчивости конструкций.
- Временная нагрузка – дополнительная нагрузка динамическая или сейсмическая нагрузка.

По существу, перечисленные составляющие определяют специфику информационной ситуации для ЗЖД. Особо ценным является возможность проведения вероятностных типов анализа при оценке устойчивости. SLOPE/W была разработана, как общий программный инструмент анализа устойчивости склонов, и инженерных сооружений на нем, и не рассчитана на случаи когда необходимо определения оползневого давления, для выбора противооползневых мероприятий (подпорных стен, оценки устойчивости закрепленных грунтов) Применение такого инструмента как SLOPE/W требует тщательного продумывания модели определенной ситуации и цели исследования.

Методы предельного равновесия широко используются на практике для оценки устойчивости склонов. Однако, несмотря на широкое применение, возможности методов не всегда обеспечивают точные расчеты. Многие методы расчета предельного равновесия имеют серьезные ограничения.

Методы анализа предельного равновесия используются в инженерной геологии для оценки устойчивости склонов. Основная модель потенциального оползневого тела (МПОТ)

представляет собой совокупность вертикальных срезов (блоков). В настоящее время она базируется на расчете объемной цифровой модели горной массы как

$$\text{МПОТ} = F(X, Y, Z, F_y, F_c, P) \quad (1)$$

В выражении (1) X, Y, Z – отвечают за геометрию, F_y – удерживающие силы, F_c – смещающие силы, P – физические и геологические параметры.

В 1916 году Петтерсоном был представлен анализ устойчивости Стигбергской набережной в Готтенберге (Швеция), в котором в качестве модели была принята цилиндрическая поверхность, а оползневая масса была разделена на блоки.

В середине 1950-х Джанбу и Бишоп усовершенствовали метод Петтерсона. В упрощенном методе Бишопа удовлетворяются условия равновесия общих моментов и вертикальных сил. Но для отдельных блоков эти условия не удовлетворяются. Несмотря на это, метод обеспечивает хорошие результаты и рекомендуется для проведения большинства практических расчетов, для которых поверхность скольжения может быть аппроксимирована кругом.

Методы, которые входят в группу удовлетворяющих равновесию моментов и сил, разработаны Янбу, Моргенштерном и Прайсом. Основная концепция этих методов одна и та же; различие заключается в допущениях о наклоне сил взаимодействия. Если соблюдается равновесие моментов и сил, допущение о силах взаимодействия оказывает только небольшое влияние на полученный коэффициент устойчивости. В методе Янбу необходимо задать положение нормальных составляющих сил взаимодействия или линия давления. В методе Моргенштерна и Прайса вводится упрощение, касающееся зависимости между касательными и нормальными составляющими сил взаимодействия. Приняв допущение и выведя результаты из компьютера все вычисленные величины должны быть оценены с целью проверки их приемлемости. При отрицательном результате необходимо принять новое допущение. Уитмен и Бэйли решили несколько задач, используя подход Моргенштерна и Прайса, а также упрощенный метод Бишопа, и обнаружили, что полученное расхождение составило 7% и менее, как правило, не более 2%.

Перечисленные методы являются детерминистскими. Различие между ними состоит в том, какие уравнения используются и применимы в данных условиях, какие силы учтены, и каково взаимоотношение между сдвигающими и удерживающими силами. На Рисунке 1 представлена типичная цифровая модель оползневой массы, разделенная на блоки, а также вероятные силы, воздействующие на них.

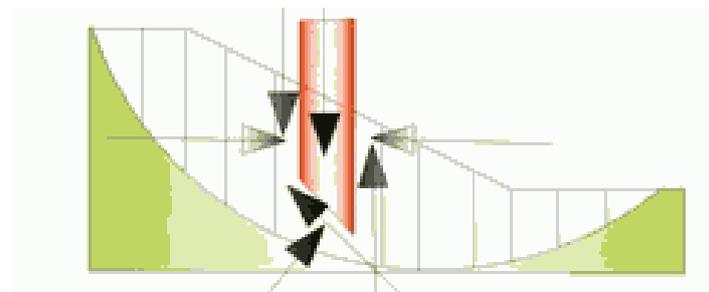


Рисунок 1. Цифровая модель оползневой массы и срезовые силы внутри оползневой массы

В Таблице 1 приведены все имеющиеся методы в SLOPE/W, и указано, какое статическое уравнение применимо в каком методе. В таблице 2 сведены межсрезовые силы и взаимоотношения между межсрезовыми силами сдвига и перпендикулярными силами.

Формулировка предельного равновесия (GLE) была разработана Фредлундом в университете Саскатчеван в 1970-х.

Формулировка GLE основана на двух уравнениях коэффициента запаса устойчивости и расширяет диапазон условий межсрезовых перпендикулярных сил и сил сдвига. Одно из уравнений рассчитывает коэффициент запаса устойчивости в отношении равновесия моментов (F_m), в то время как другое уравнение рассчитывает коэффициент запаса устойчивости в отношении горизонтального равновесия сил (F_f). Впервые идею двух уравнений коэффициента запаса устойчивости выдвинул Спенсер.

Таблица 1.

Анализ методов расчета предельного равновесия

Метод	Равновесие моментов	Равновесие сил
Простой (Феллиниуса)	Да	Нет
Упрощенный Бишопа	Да	Нет
Упрощенный Джанбу	Нет	Да
Спенсера	Да	Да
Моргенштерна и Прайса	Да	Да
Ассоциации инженеров-1	Нет	Да
Ассоциации инженеров -2	Нет	Да
Лове и Карафиата	Нет	Да
Обобщенный Джанбу	Да (по срезам)	Да
Сарма – вертикальные срезы	Да	Да

Таблица 2.

Характеристика и взаимоотношения межсрезовых сил

Метод	Межсрезовая перпендикулярная (E)	Межсрезовая сдвига (X)	Уклон векторной суммы X/E, и отношения X-E
Простой (Феллиниуса)	Нет	Нет	Межсрезовые силы отсутствуют
Упрощенный Бишопа	Да	Нет	По горизонтали
Упрощенный Джанбу	Да	Нет	По горизонтали
Спенсера	Да	Да	Постоянная
Моргенштерна и Прайса	Да	Да	Переменная; функция пользователя
Ассоциации инженеров-1	Да	Да	Уклон линии от хребта к основанию
Ассоциации инженеров -2	Да	Да	Уклон поверхности земли на вершине среза

Лове и Карафиата	Да	Да	Средний уклон поверхности земли и основания среза
Обобщенный Джанбу	Да	Да	Линия давления и равновесия моментов среза
Сарма – вертикальные срезы	Да	Да	$X = C + E \tan \varphi$

Современные программы по оценке позволяют справляться со все усложняющимся анализом, анализировать все более сложные задачи. Графическая визуализация данных, позволяет увидеть больше, чем коэффициент запаса устойчивости. Например, изображения всех сил, действующих на каждый блок в потенциально оползневом массиве, или распределения всего разнообразия параметров вдоль плоскости скольжения. Это помогает детальнее понять механику процесса. Такая информация, очевидно, дает представление об ограничениях применения методик расчета.

Средства идентификации информационной ситуации

Информационная ситуация как модель является формальной моделью. Для решения практических задач по прогнозу и формированию ситуации необходимо найти фактические параметры, что решается методами сбора информации на местности. Традиционные методы геодезических измерений не могут обеспечить постоянного и надежного мониторинга объекта, геологическое пространство которого меняется. Эти изменения обусловлены сменой профилей грунтов на границах объекта из-за инженерной активности ЗЖД. Выявить состав и строение склонов можно различными способами, в частности: бурение, комплексные геофизические исследования [28], инженерно-геологические исследования.

Перспективное развитие техники и технологий дают новые более эффективные способы выполнения, например буровые работы на склонах. Во-первых, существуют специальные буры, которые производят «автоматический» анализ пройденных ими пород. Во-вторых, разработан специальный робот-скалолаз [29] Рисунок 2 - robot climber.

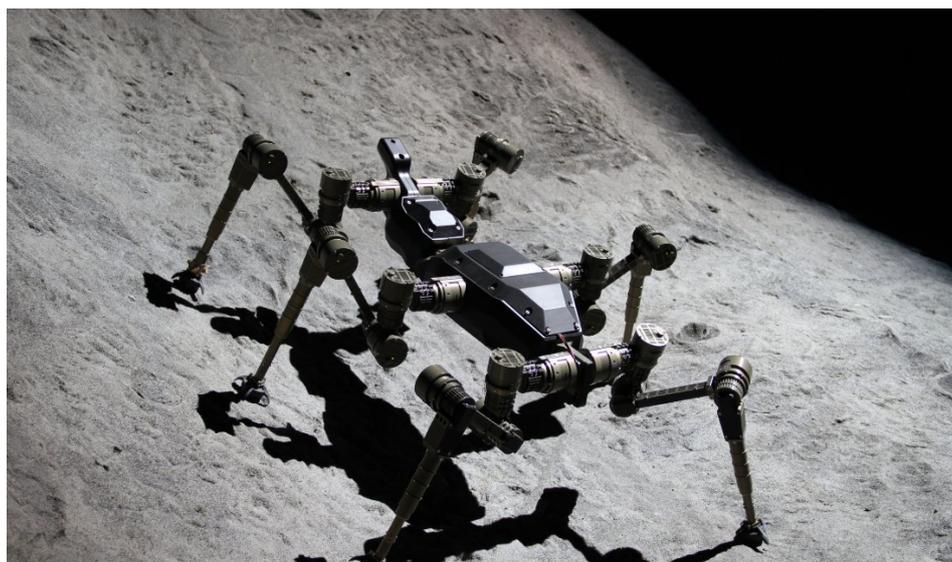


Рисунок 2. Робот-скалолаз [30]

В проекте создания робота-скалолаза участвовал ряд европейских фирм и организаций.

Многие из ключевых систем этой системы были предоставлены партнерам Европейским космическим агентством (European Space Agency - ESA) в рамках обширной программы конверсии космических разработок в наземно-гражданскую плоскость. Так, например, в роботескалолазе нашли применение системы управления спутниками, космическими роботами и манипуляторами от ESA. Испытания четырёхтонного робота Roboclimber проводились на почти вертикальной скале в долине Alta Val Torre. По скале машина передвигается при помощи тросов и собственных «ног». В «животе» у робота инженеры поместили буровую установку, способную сверлить скважины диаметром до 76 миллиметров и глубиной до 20 метров, на любой скале и при любом наклоне. Просверлив отверстие, робот вставляет в него длинный прут – датчик. Затем робот сдвигается на заданное расстояние и повторяет операцию. Его скорость работы многократно превышает скорость работы бригады скалолазов. Назначение робота скалолаза – многоцелевое. Он может использоваться для исследования ситуаций на горных участках и для освоения космических тел. Горный робот может использоваться для анализа ситуации обычных колесных дорог в горных районах.

Перспективным способом идентификации состояния оползнеопасных территорий считается применение методов дистанционного зондирования Земли, интегрированных с методами геоинформатики [31]. С помощью спутниковых технологий можно идентифицировать изменение состояния подземных сооружений [11]. Существенными недостатками метода являются: высокая стоимость, затрудненная обработка получаемой спутниковой информации, дискретность, ограничения по разрешающей способности. По данным некоторых авторитетных изданий, такие параметры как надежность и разрешающая способность таких систем являются недостаточными для множества приложений, где эффективнее применять другие методы.

На практике применяют еще один подход. Он основан на использовании акселерометров или инерционных датчиков. Эти устройства реагируют на сотрясение, вибрацию и изменение скорости исследуемых объектов. Акселерометры, используемые в сотовых телефонах и другой бытовой электронике, представляют собой, так называемые, микроэлектромеханические системы (Micro-Electromechanical System, MEMS) – интегрированные электрические схемы с подвижными компонентами. Будучи компактными и относительно недорогими, они до недавнего времени не могли сравниться с гораздо более чувствительными датчиками, применяемыми в авиалайнерах, других коммерческих приложениях и столь необходимых в ЗЖД.

Компания Hewlett-Packard представила новый компактный акселерометр [32]. К настоящему моменту датчики HP еще недостаточно дешевы для того, чтобы начать осваивать рынок бытовой электроники, но это вполне может произойти уже через несколько лет. В ближайшее же время революции акселерометров следует ждать на транспорте, строительстве и геологоразведке.

Чувствительность новых чипов в тысячу раз превосходит чувствительность акселерометров, применяющихся в бытовых устройствах сегодня. По данным руководителя инженерной группы подразделения HP Technology Development Organization Дэвида Эриксона, датчики, находящиеся на одном конце стола, легко улавливают падение визитной карточки на другом его конце.

Благодаря малым размерам и низкой стоимости новые датчики могут найти применение в крупных сооружениях, имеющих сложную структуру. Например, мост через бухту Сан-Франциско по дороге из Сан-Франциско в Окленд из-за обрыва тросов пришлось закрыть на

шесть дней. А датчики, вмонтированные в мост, могли бы предотвратить эту аварию. Несколько сотен крошечных систем MEMS следили бы за перемещениями отдельных компонентов конструкции в различных условиях (например, при сильном ветре или оживленном автомобильном движении). После обработки собранных данных инженерам не составило бы труда спрогнозировать возникновение нештатной ситуации. Аналогичный мониторинг состояния здания можно было бы осуществлять, подключив множество небольших датчиков к отдельным элементам его структуры.

Еще одна возможная сфера применения микродатчиков связана с составлением геофизических карт и объемных цифровых моделей, позволяющих осуществлять анализ перспектив и последствий добычи, бурения и сейсмической активности. Размещение датчиков фиксации движения под землей на одинаковом удалении друг от друга дает возможно в режиме реального времени получать описание информационной ситуации для ЗЖД. Чипы площадью около 5 кв. мм и толщиной 2 мм потребляют примерно 50 милливатт электроэнергии. «При таком уровне энергопотребления они вполне в состоянии подписываться за счет окружающей среды, заметил разработчик технологий и стратегии HP Рич Данком. – Энергию можно извлекать из радиоволн, путем использования перепадов температуры окружающей среды и даже непосредственно из движения, регистрируемого датчиками».

По прогнозам Gartner, рынок неоптических сенсорных чипов (к которым относятся системы MEMS) ежегодно будет расти на 10%, и оборот его, составлявший в 2007 году 2,7 млрд. долл., к 2012 году достигнет 4,4 млрд. долл. Это вдвое выше темпов роста рынка электроники в целом. «Прорыв инженеров HP в области развития акселерометров MEMS, которые заметно превосходят имеющиеся аналоги с точки зрения размеров, массы, стоимости и производительности, очевидно, приведет к увеличению объемов производства и снижению цен, как это происходит со всеми другими продуктами электронной отрасли», – отметил аналитик Gartner Джим Уокер.

Впрочем, в HP думают не только о мостах, добыче полезных ископаемых и сотовых телефонах. Крошечные инерционные датчики могли бы стать составной частью центральной нервной системы планеты и образовать мега ГИС. Информационная экосистема на основе множества датчиков, связанных с сетями, средствами хранения, серверами и программным обеспечением, опутала бы весь мир. А датчики, установленные в зданиях и мостах, образовали бы гигантский групповой сейсмограф, способный помочь ученым регистрировать и предсказывать землетрясения.

Во многих случаях основой цифрового моделирования ситуаций для ЗЖД является непрерывный мониторинг ситуации, который основан на геоинформационном мониторинге [33].

Заключение

Цифровое моделирование для ЗЖД существенно отличается от других видов цифрового моделирования. Главное отличие от цифровых моделей местности в содержательности модели, в то время как обычные пространственные цифровые модели решают задачи морфологического описания. Обычные цифровые модели в качестве главной компоненты имеют информационную составляющую. Цифровые модели для ЗЖД имеют в качестве основной информационной составляющей прогностическую составляющую. Основой цифрового моделирования ситуаций для ЗЖД является непрерывный мониторинг ситуации, который основан на геоинформационном мониторинге.

Список литературы

1. Замышляев А.М. Эволюция цифрового моделирования // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – с.82-91
2. Прокис Д. Цифровая связь. – М.: Радио и связь, 2000.
3. Птачек М. Цифровое телевидение. Теория и техника. – Москва, 1990.
4. Карякин В. Л. Цифровое телевидение. – М. : СОЛОН-Пресс, 2008.
5. Цветков В.Я. Геоинформационное моделирование // Информационные технологии. - 1999. - №3. - с.23- 27
6. S.G. Dyshlenko. Principles of Geoinformation Modeling. // European Journal of Technology and Design, 2016, Vol.(11), Is. 1, pp.13-19. DOI: 10.13187/ejtd.2016.11.13 www.ejournal4.com/
7. Куприянов А.О. Цифровое моделирование железнодорожного пути // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. - 3 (15). – с.104-114
8. Куприянов А.О. Цифровое моделирование при проектировании и мониторинге трасс // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – с.70-81/
9. Павлов А.И. Цифровое моделирование пространственных объектов// Славянский форум, 2015. - 4(10) – с.275-282
10. Цветков В.Я. Использование цифровых моделей для автоматизации проектирования // Проектирование и инженерные изыскания. - 1989. - № 1. - с. 22 -24
11. Куприянов А. О. Цифровое моделирование при подземных геодезических работах // Образовательные ресурсы и технологии. – 2015. - №4 (12). – с.57-65.
12. Господинов С.Г. Геодезическое обеспечение цифрового моделирования. // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. - №4 (16). – с.121-130.
13. Ознамец В.В. Геодезическое информационное обеспечение устойчивого развития территорий. - М.: МАКС Пресс, 2018. - 134с.
14. Цветков В.Я. Модели в информационных технологиях. - М.: Макс Пресс, 2006 - 104с.
15. Чехарин Е.Е. Методы и алгоритмы информационной интерпретации // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. - №5 (17). – с.39-49
16. Tsvetkov V. Ya. Spatial Information Models // European researcher. Series A. 2013. №10-1(60). с.2386-2392.
17. Цветков В. Я. Язык информатики // Успехи современного естествознания. - 2014.- №7. - с.129-133
18. V.L. Lototsky. Spatial Information Modeling // Modeling of Artificial Intelligence, 2016, Vol.(10), Is. 2, pp. 94-103
19. V. Ya. Tsvetkov. The Cognitive Modeling with the Use of Spatial Information // European Journal of Technology and Design. - 2015, - V 10, Is. 4. - pp.149-158.
20. Шайтура С.В. Информационная ситуация в геоинформатике// Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. - №5 (17). – с.103-108.
21. Ожерельева Т.А. Информационная ситуация как инструмент управления // Славянский форум, 2016. -4(14). – с.176-181
22. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. Series A. 2012, Vol.(36), 12-1, p.2166- 2170.
23. Tsvetkov V. Ya. Dichotomic Assessment of Information Situations and Information Superiority // European researcher. Series A. 2014, Vol.(86), № 11-1, pp.1901-1909. DOI: 10.13187/er.2014.86.1901

24. Павлов А.И. Пространственная информационная ситуация // Славянский форум, 2016. - 4(14). – с.198-203.
25. Калинин Э. В. Инженерно-геологические расчеты и моделирование. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – 247 с
26. СНиП 2.01.15-90. Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения проектирования.
27. Krahn J. Stability Modeling with SLOPE/W an Engineering Methodology. – First Edition - Calgary: May 2004.
28. Щукин И. С. Общая геоморфология. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1960, – 615 с.
29. Pack R. T., Iskarous M. Z., Kawamura K. Climber robot : пат. 5551525 США. – 1996.
30. <https://edition.cnn.com/2015/04/30/tech/mci-robochimp/index.html>.
31. Савиных В.П., Цветков В.Я. Особенности интеграции геоинформационных технологий и технологий обработки данных дистанционного зондирования // Информационные технологии. - 1999. - №10. - с.36-40.
32. Лоусон С. Крошечные инерционные датчики со временем станут составной частью центральной нервной системы нашей планеты // Интернет ресурс <http://www.osp.ru/news/articles/2009/46/10708893>.
33. Цветков В.Я. Геоинформационный мониторинг //Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2005.- №5. - с.151 -155.