

СИСТЕМНЫЙ ПОХОД В ПРОБЛЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ДВИЖЕНИЯ

Стаття присвячена проблемі створення одного з розділів чисельної теорії безпеки руху на залізничному транспорті.

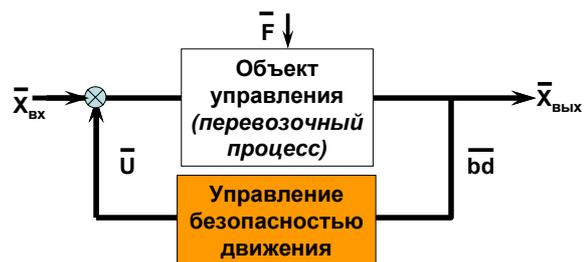
Статья посвящена проблеме создания одного из разделов численной теории безопасности движения на железнодорожном транспорте.

The Article is dedicated to problem of the creation of one of the sections to numerical theory to safety of the motion on rail-freight traffics.

Статья посвящена проблеме создания одного из разделов численной теории безопасности на железнодорожном транспорте. Известно, что такая теория полностью не создана. К отдельным ее подходам и разделам можно отнести следующие:

- принципы безопасности проф. Петерсона;
- метод «ответственных технологических процессов» Лисенкова В.М.;
- концепция риска (наиболее известна модель ALARP);
- принцип экономической целесообразности в инвестировании безопасности движения;
- представление транспортных происшествий в виде графа причинно-следственных связей;
- моделирование транспортных процессов.

Представим процесс управления безопасностью движения в поездной и маневровой работе на железнодорожном транспорте в терминах теории автоматического управления в виде совокупности объекта управления и управляющего устройства (рис.1). Объект управления здесь – перевозочный процесс, параметр управления – нарушения безопасности движения (БД) в поездной и маневровой работе, управляющий сигнал – совокупность организационных и технических мероприятий по воздействию на основные факторы, влияющие на БД («Ч» – человек, «Т» – техника, «О» – организация работ, «С» – среда), с целью уменьшения их вредного влияния.



$\bar{X}_{вх}$ – плановые показатели
 $\bar{X}_{вых} = \bar{X}_{вых} (\bar{eк}, \bar{eх}, \bar{fес}, \bar{bd}, \dots)$
 \bar{U} – комплекс организационных и технических мероприятий по снижению воздействия факторов «Ч,Т,О,С»
 \bar{F} – возмущение

Рис. 1 Метод статистической закономерности в управлении безопасностью движения

При этом для формирования сигнала U необходима реализация таких этапов обработки информации о БД (сбор, хранение, анализ, принятие решения), которые представлены на рис. 2. Этапы **сбора** и **хранения** информации существуют уже сегодня и можно говорить лишь об их автоматизации, что уже делается в рамках работы и усовершенствования информационной системы «АРМ ЦРБ». Блок **анализа** информации по существу является поддержкой принятия решения и должен дать ответ на два основных вопроса: «какова ситуация сегодня?» и «что делать завтра?». Это соответствует решению задач

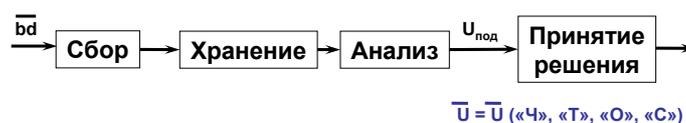


Рис. 2 Формирование управляющего воздействия

- оценки состояния БД;
- прогнозирования состояния БД;
- анализ динамики причин и предпосылок транспортных событий.

Все эти этапы осуществляются с целью **принятия решения** о разработке организационно-технических мероприятий по профилактике нарушений безопасности в поездной и маневровой работе.

Для решения указанных задач использован системный подход на основе теории самоорганизации и предложен метод, который получил название «метод статистической закономерности в управлении безопасностью движения». Сущность его – в комплексном анализе и постоянной актуализации закономерностей поведения железнодорожного транспорта как системы. В качестве управляющего параметра используется информация о нарушениях безопасности движения в поездной и маневровой работе.

Л.Заде [1] еще в середине 70-х годов говорил о невозможности решения проблем гуманистических систем традиционными математическими методами. Последние годы интенсивно разрабатывается теория самоорганизации, которая

и стала теоретическим базисом предложенного метода. Этот базис составили принципы как хорошо известные и зарекомендовавшие себя, так и предложенные нами. Вот эти принципы:

1. Единство объекта и среды его существования.
2. Опосредование результата функциональной деятельности системы как внутреннего системообразующего процесс-отношения.
3. Конечный результат деятельности, как критерий подобия состояния системы.
4. Вариантность получения конечного результата.
5. Мультипараметрическое взаимодействие составляющих системы в получении конечного результата.
6. Статистическая природа проявления действия как отражение системности процесса.
7. Принцип наименьшего действия.
8. Принцип «узкого» места.
9. Дихотомическая структура организации отношений (принцип единства и борьбы противоположностей).

Рассмотрим сущность метода статистической закономерности, которая представлена на рис. 3.

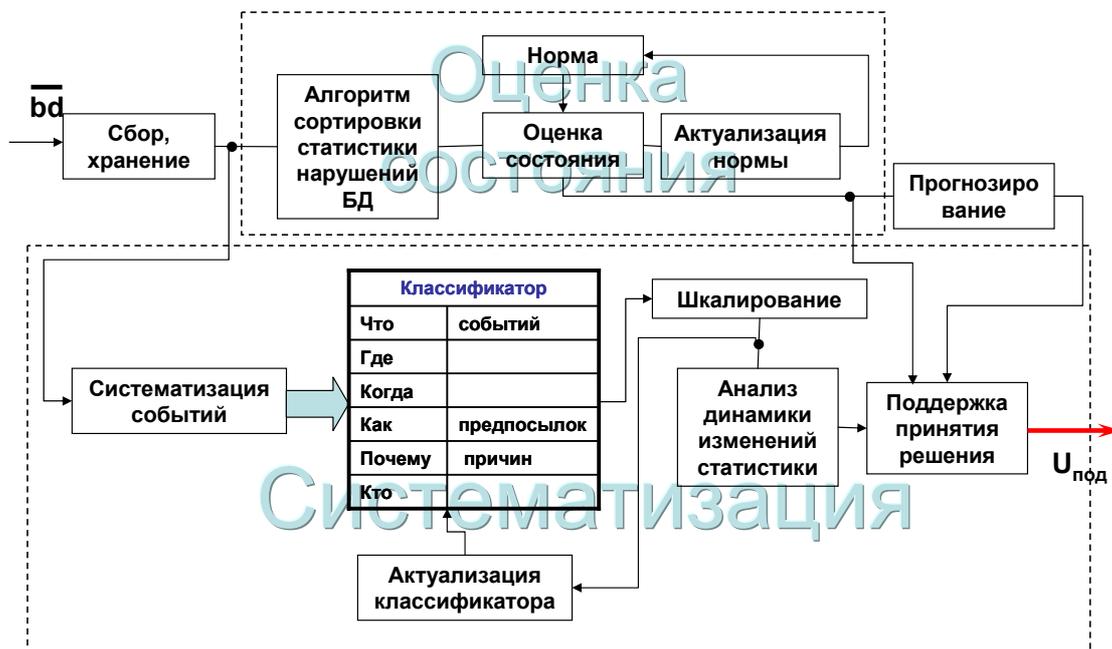


Рис. 3 Структура метода статистической закономерности в управлении безопасностью движения

В основе оценки состояния БД лежит понятие толерантности (неоднозначности, размытости) [4] событий в человеко-машинных системах и теории функциональных систем [5]. Конечный результат деятельности системы при многократном его достижении имеет статистику, которая распределена по закону Гаусса

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

Характерными точками нормального закона, как известно, есть значение мат. ожидания (m) и среднеквадратичного отклонения (σ), кото-

рые полностью определяют распределение. Точке, соответствующей нулевой напряженности в деятельности системы, соответствует нормальная кривая с максимальным средним квадратическим отклонением ($\sigma_0 = \max \sigma$). По мере роста напряженности дисперсия (а значит и среднее квадратическое отклонение) уменьшается. Напряженность состояния системы понимается как усталость персонала, износ технических средств, изменившиеся условия, напряженный график движения и т.д., которые приводят к более напряженному режиму работы ж.д. транспорта как системы в целом. Напряженность состояния градуируется уровнем толерантности и характеризуется своим средним квадратическим отклонением.

Таким образом, по значению дисперсии разброса параметра x вокруг m в (1) можно судить о состоянии системы.

В качестве параметра конечного результата работы железнодорожного транспорта как системы рассмотрим безопасность движения, который будем измерять количеством нарушений в поездной и маневровой работе за неделю x_i , где i – номер недели.

Упрощенно сущность существующей практики оценки состояния безопасности движения такова:

- сравнивается количество нарушений безопасности движения за текущую (i -ю) неделю с предыдущей ($i-1$)-й если $x_i < x_{i-1}$, состояние не ухудшилось, если $x_i > x_{i-1}$, состояние ухудшилось.
- сравниваются количества нарушений безопасности движения за текущую неделю текущего (j -го) года с аналогичным периодом предыдущего года по аналогичной схеме: если $x_i^j < x_i^{j-1}$, состояние не ухудшилось, если $x_i^j > x_i^{j-1}$, состояние ухудшилось.

Недостатки такой практики:

- не определяется норма;
- не учитывается предыстория (статистика предыдущих лет), а это может существенно повлиять на оценку.

Понятна непопулярность понятия нормы в вопросах безопасности движения. Поскольку под уровнем безопасности на железнодорожном транспорте обычно понимается количество нарушений безопасности движения в поездной и маневровой работе, а его число должно быть как можно меньше (желательно равным нулю), то правомерно ли говорить о каких то нормах?

Работа железнодорожного транспорта неизбежно связана с риском, который определяется как мера вероятности появления различной степени ущерба (последствий) из-за нарушений в перевозочном процессе. Транспортный риск – это результат интегрального действия множества факторов как субъективного, так и объективного характера. Он существует и существовал всегда. Таким образом, нарушения перевозочного процесса как проявление транспортного риска – понятие объективное.

Авариию полностью нельзя исключить с помощью технических или организационных мероприятий. Они лишь снижают вероятность ее возникновения. Поэтому для управления безопасностью движения следует определить численно норму.

Нет устоявшегося понятия **нормы**. Типичные, нормальные, средние формы – только часть огромного разнообразия структурно-системной организации живой материи. Богатство форм настолько же необходимо в жизни, насколько нужна целесообразность вообще.

Подходы к количественному определению нормы содержатся в работах М.Я. Брейтмана, японских ученых Хирата и Каку. Наиболее глубокое и обоснованное изложение понятия нормы разработано в теории функциональных систем, основы которой были заложены в 30-е годы академиком П.К. Анохиным. В дальнейшем эта теория получила развитие в работах К.В. Судакова, А.А. Королькова, В.П. Петленко, Н.М. Амосова, Ю.Г. Антомонова и др. В их работах обосновывается принципиально новый подход в трактовке понятия нормы. Норма понимается не как фиксированный критерий, а как *процесс, определяющий оптимальный режим функционирования системы, то есть ее функциональный оптимум*. В данной концепции норма трактуется как интервал оптимального функционирования системы с подвижными границами. В пределах этих границ сохраняется оптимальная связь со средой и согласование всех функций системы.

Границы вариации параметра конечного результата зависят от интенсивности (напряженности) функциональной деятельности и отражает статистически характер поведения нормы. Рост напряженности состояния приводит к сужению вариации. Нулевая напряженность состояния будет характеризоваться наиболее широкими границами вариации σ_0 , так как в этом случае наблюдается максимальная взаимозаменяемость компонентов.

При этом вариация параметра конечного результата $[\bar{x} - \sigma, \bar{x} + \sigma]$ определяет границы зоны функционального оптимума в конкретном состоянии. А для совокупности состояний эта характеристика и будет представлять собой функциональный оптимум как норму.

Разработаны соответствующие алгоритмы формирования и актуализации нормы как функционального оптимума и сортировки статистики.

Блок «оценка состояния» определяет, принадлежит ли значение x_i области функционального оптимума. Если «да» – состояние нормальное и нарушения следует воспринимать как объективное проявление транспортного риска. Если «нет» – следует принимать меры воздействия, в том числе жесткого дисципли-

нарного, к ответственным. Кто же эти ответственные – будет выяснено в разделе «систематизация».

На рис. 4, 5 показан график изменения числа нарушений БД за неделю как параметра конечного результата. При этом использована статистика нарушений безопасности движения по железным дорогам Украины за период 1995...2003 г.г. Всего около 20 тыс. событий. Будем рассматривать эти графики как реализацию случайного процесса во времени. На рис. 6 представлен норма как функциональный оптимум. Главным здесь является ее верхняя граница. Оценка состояния проводится по Укрзалізнице (УЗ) в целом, по дорогам, хозяйствам, участкам дорог.

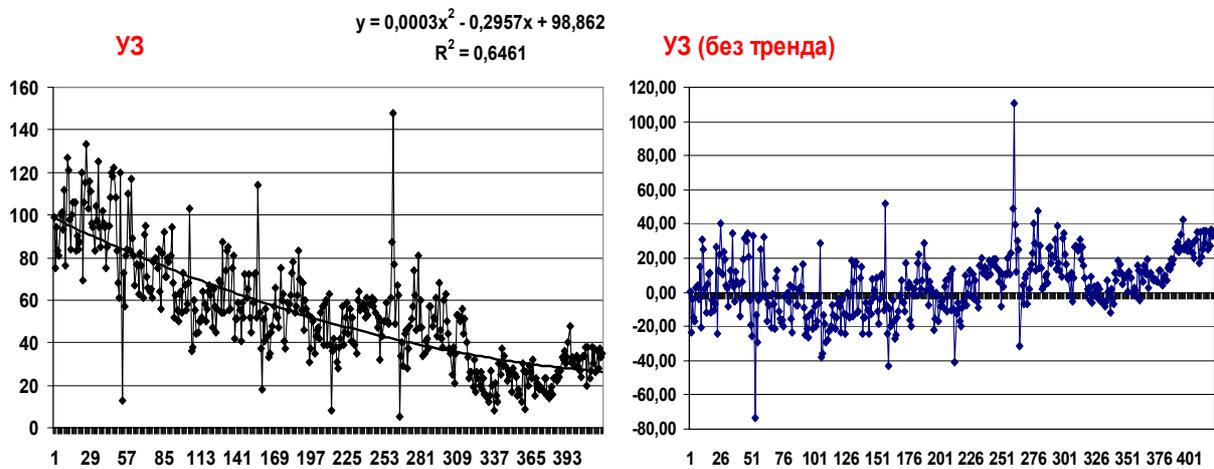


Рис. 4 График изменения общего количества нарушений безопасности движения на железных дорогах Украины по неделям



Рис. 5 График изменения общего количества нарушений безопасности движения на Приднепровской железной дороге по неделям

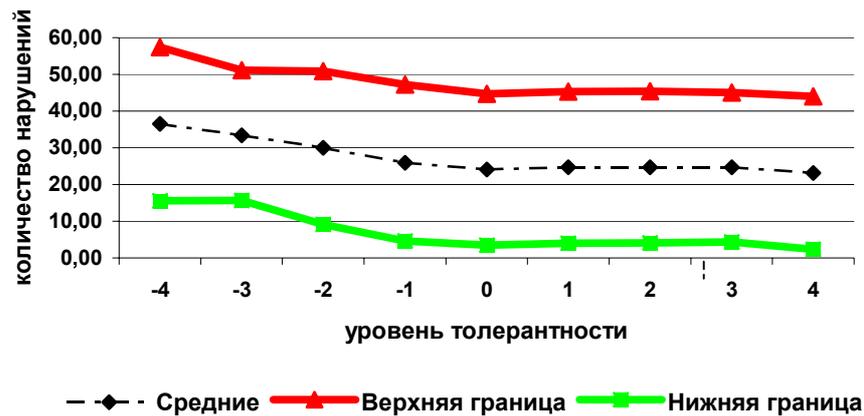


Рис. 6 Зона стабильности функционирования железнодорожного транспорта (УЗ)

Анализ динамики причин и предпосылок транспортных событий. Каждое транспортное событие нарушения перевозочного процесса представим цепочкой «предпосылка – причина – событие». Предпосылка – это коренная причина, которая создает потенциальную возможность возникновения и развития аварийной ситуации. Непосредственные причины есть следствием коренных, они создают реальные условия перерастания возможности в реальность.

Известно: если хочешь победить болезнь – следует лечить не ее проявления, а причины, которые ее вызвали. Но причина, как правило, бывает не одна. Транспортное событие – это сложная цепочка (граф) промежуточных событий, в которой каждое предыдущее является причиной для последующего. Главная задача – устранение предпосылок, т.е. глубинных причин, которые чаще всего возникают по вине человека.

Систематизация. Все транспортные события систематизируются на шести параметров: ЧТО случилось, КОГДА случилось, ГДЕ произошло, КАК (обстоятельства случившегося), ПОЧЕМУ (причина), КТО виноват. Далее каждый параметр обрабатывается соответствующим классификатором. Классификаторы причин и предпосылок разработаны в ДНДЦУЗ и утверждены ЦРБ для использования в «АРМ ЦРБ». *Классификатор предпосылок* состоит из 8 разделов:

- дефекты изготовления технических средств;
- недостатки организации работ;
- профессиональный уровень исполнителей;
- текущее содержание и эксплуатация;
- ремонтные работы;
- техническое обслуживание;

- влияние окружающей среды и др.

Классификатор причин разработан для каждого хозяйства и имеет многоуровневую структуру, связанную непосредственно с устройством технических средств.

В качестве *классификатора событий* используется существующий классификатор [2].

Каждое проклассифицированное событие может иметь несколько причин, которые встречаются с определенной частотой (вероятностью). С помощью экспертной оценки были выявлены веса (вероятности) присутствия в каждой причине факторов ЧТО 1-го уровня (то есть касающихся непосредственно перевозочного процесса). В свою очередь причина может иметь несколько предпосылок, которые присутствуют также с определенной частотой. Определяются влияние факторов «ЧТО» 2-го уровня (ремонт, содержание, обеспечение) и «С».

На основании всех трех составляющих комплексного анализа выявляются те факторы в хозяйствах, которые имеют тенденцию к росту, то есть имеющих положительный градиент. Классификаторы должны постоянно отслеживаются и периодически изменяются.

Далее разрабатываются меры по профилактике случаев нарушения безопасности движения с целью снижения влияния вредных факторов. **Критерием выбора того или иного направления в профилактической работе служит снижение проявления причин и предпосылок, которые имеют тенденцию к возрастанию, или наибольший весовой коэффициент по сравнению с другими.**

По выявленным причинам и предпосылкам определяется доля факторов «ЧТОС», с которыми и необходимо бороться, например, по такой схеме, которая показана на рис. 7.



Рис. 7 Схема разработки мероприятий по профилактике нарушений безопасности движения

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
2. Положення про класифікацію транспортних подій та порушень у поїзній та маневровій роботі на залізничному транспорті, що загрожують безпеці руху. Наказ МТУ від 16.10.2003 № 800.
3. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса (Новый диалог человека с природой). – М.: Прогресс, 1986. – 432 с.
4. Пфанцайгер И. Теория измерений. – М.: Мир, 1976. – 167 с.
5. Судаков К.В. Общая теория функциональных систем. – М.: Медицина, 1984. – 224 с.
6. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980. – 404 с.