

АНАЛИЗ ТИПОВЫХ ОШИБОК ПРИ ВНЕДРЕНИИ АСУ ТОиР ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

д.т.н. И. К. Лакин

Начальник ситуационно-аналитического центра мониторинга и реагирования
АО «Трансмашхолдинг» (ТМХ)

***Аннотация.** Автором за последние 40 лет внедрения автоматизированных технологий, прежде всего, в локомотивном комплексе накоплен огромный как положительный, так и отрицательный опыт. «Все семьи счастливы одинаково» – поэтому и положительный опыт автора статьи сильно не отличается от опыта других: выполнен анализ типовых ошибок, сильно влияющих на эффективность автоматизированных систем управления (АСУ). При этом по аналогии со слоганом древнекитайского философа Лао-Цзы «Это болезнь» применён слоган «это не АСУ», подчёркивающий критичное влияние признака на работоспособность информационной системы. Автор надеется, что сформулированные принципы разработки и внедрения АСУ помогут читателям в их работе.*

***Ключевые слова:** информационные технологии (AI), автоматизация технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава, типовые ошибки.*

Принципы современных цифровых технологий и двоичного исчисления заложены ещё в 17-м веке Готфридом Лейбницем [1]. Джорджем Булем в 19-м веке предложена двоичная логика. Идеи автоматизации расчётов и управления были сформулированы Чарльзом Бэббиджем в конце 19-го века, сделана попытка создать аналитическую вычислительную машину. Изобретатель электронной вычислительной машины Алан Тьюринг в середине 20 века определил абстрактные правила работы «Машины Тьюринга», лежащие в основе работы всех современных электронных вычислительных машин (ЭВМ). Норберт Винер в 50-е годы 20-го века определил автоматизированную систему управления (АСУ) как систему с отрицательными обратными связями [2]. Академик В. М. Глушков в 60 – 70-е годы, исходя из собственного опыта, сформулировал принципы создания АСУ [3].

Современный этап развития систем управления и менеджмента не мыслим без использования вычислительной техники – от сверхмощных серверов до персональных компьютеров, планшетов и даже smart-телефонов. Феноменального развития достигла технология обмена информацией. При этом опыт внедрения

АСУ свидетельствует о наличии большого числа ошибок. Автор статьи хочет поделиться личным опытом и опытом своих коллег, накопленным за 40 лет внедрения АСУ в локомотивном хозяйстве в целом и его системе технического обслуживания и ремонта (ТОиР) в частности [4]. Сделана попытка обсудить основные ошибки при внедрении информационных систем на примере локомотивного хозяйства. Идеи искусственного интеллекта (ИИ, AI) в статье не рассматриваются, т.к. до идей фантаста Айзика Азимова, несмотря на огромные достижения в области использования нейронных сетей, ещё далеко.

В России, ОАО «РЖД», в локомотивном хозяйстве успешно внедряются информационные технологии, на базе которых строятся и АСУ [4]. Имеются существенные достижения, перспективы развития. Внедрение информационных технологий на железнодорожном транспорте началось в конце 60-х годов под руководством академика А. П. Петрова. Сразу же был взят курс на создание АСУ железнодорожного транспорта («кибернизацию» транспорта) – «АСУЖТ», принципы которой остаются в основе IT-технологий ОАО «РЖД». Несмотря на успешное и часто опережающее внедрение АСУЖТ, допускаются и ошибки.

В трудах древнекитайского философа Лао-Цзы (4-й век до нашей эры) есть рассуждения «о ста заболеваниях» от обратного – какое поведение приводит к болезни. Например: «В гневе желать кому-то смерти – это болезнь», «Будучи сильным и влиятельным, предаваться лени – это болезнь», «Делая зло людям, радоваться себе – это болезнь», «Делая добрые дела, ждать воздаяния – это болезнь». В статье аналогичным образом и с использованием **слоганов** сформулированы основные ошибки внедрения АСУ на примере АСУ ТОиР.

Решение старых задач – это не АСУ. Это один из основополагающих принципов АСУ В. М. Глушкова [3]. К сожалению, очень часто в АСУ повторяют старую технологию работы, рассчитанную на ручную обработку информации. Например, формирование планов и отчётов за календарные месяц, квартал: трудоёмкость ручной работы требовала ограничения числа отчётов. При этом возникала проблема с данными в начале периода: если в первый день месяца машинист съездил в поездку, то у него 200 % выработки, если нет – 0 %. Управлять режимом труда и отдыха по таким данным невозможно первые 10 дней месяца. В АСУ следует контролировать работу за последние 30 дней. Значительная часть отчётов нужна была для ручного контроля процесса, необходимость в котором отсутствует в АСУ. В приведённом примере АС просто не допустит подвязку

бригады под поезд при наличии нарушения режима труда и отдыха. В ТОиР – не допустит слесаря низкой квалификации к работам.

Использование текстовых данных – это не АСУ. Ввод данных в АСУ должен максимально использовать различные классификаторы: депо, серий локомотивов, оборудования и др. Неформализованные поля трудно использовать при факторном анализе. Именно использование классификаторов позволяет исключить ошибки при вводе названий. У автора был опыт, когда в системе SAP R/3 надо было посчитать число водителей автомобилей: задач оказалась невыполнимой из-за отсутствия классификаторов: «водителей», «шофёров», «машинистов» и даже «водитель машины с гос. номером ...» оказалось слишком много. Создание и сопровождение классификаторов – трудоёмкий процесс. Отсутствие нужного поля может затормозить процесс. Поэтому предлагается плюс к обязательному классифицируемому полю иметь текстовое, контролируя которое можно сопровождать классификаторы, добавляя и изменяя их содержание.

Информация в АСУ вторична – это не АСУ. Наличие первичной информации не в АСУ губительно для АСУ. Ещё в 1988-м году при внедрении автоматизированного рабочего места (АРМ) нарядчика локомотивных бригад возник конфликт между данными на ручном табло работы бригад и данными АРМ, которые были вторичны и менее достоверны. Ликвидация доски нарядов, бумажных книги адресов, расписания и др. обеспечила достоверность данных АСУ. Сейчас вместо бумажных «исходников» выступают файлы в формате Word, Excel и др. Однозначно эти файлы губят АСУ. Как топили идолов в Днепре, так надо объявить войну исходной информации вне АСУ.

Часто, особенно на складе и в бухгалтерии, звучит тезис: «У меня бумажный документ обязательный». Аналогичная ситуация возникает при передаче и приёмке локомотива на ТОиР. Во-первых, это противоречит федеральному закону «Об электронной подписи» (№ 63-ФЗ от 06.04.2011, первый ФЗ, подписанный президентом электронной подписью). Во-вторых, всегда можно распечатать материал АСУ по итогам работы.

Сложнее ситуация с начальными замерами и определением технического состояния локомотива при приёмке и выполнении ТОиР. Но и здесь есть выход. Во-первых, это использование данных бортовых микропроцессорных систем управления (МСУ). Во-вторых, использование автоматизированных систем технического диагностирования (АСТД), опыт разработки и внедрения которых

накоплен в НИИТКД и компании ОМИКС, в т.ч. в сервисном локомотивном депо (СЛД) «Братское».

Таким образом, принципиально можно отказаться от ручных документов. При этом достоверность вводимой информации выше за счёт использования классификаторов и логическому контролю.

Повторный ввод информации – это не АСУ. Это классический пример интеллектуальных потерь, который ещё и понижает достоверность данных. Типичные примеры ввода информации в компьютер, который уже есть в АСУ: пробег локомотивов, депо приписки локомотива, фамилия машиниста, название детали и многое другое. К сожалению, эта информация в различные акты и протоколы в среде Excel и Word в депо регулярно вводится по много раз. Да и сами эти документы, как отмечалось выше, должны исчезнуть.

Нет автоматического контроля вводимых данных – это не АСУ. Первый контроль даёт использование классификаторов, второй – логический контроль. Например, если введённая толщина бандажа колёсной пары 75 мм, а предыдущее значение было 73 мм, то АСУ должна выдать сообщение об ошибке. Важную роль играет использование классификаторов совместно с логическим контролем: серия локомотива с контролем наличия такой серии на полигоне, депо приписки с выводом в списке только депо полигона, фамилия машиниста или мастера, др. При работе с отказами (дефектами, сверхцикловыми работами и др.) допускает наличие вспомогательного необязательного текстового поля.

Наличие операторов – это не АСУ. Работа с АСУ предполагает отсутствие других, в т.ч. рукописных, источников информации. Наглядное представление информации и поддержка принятия решений – важные элементы АСУ, позволяющие специалисту принимать правильные решения, контролировать процесс. Если под предлогом большой занятости у руководителя появляется оператор для ввода информации – он лишается важных достоинств АСУ, невольно возвращается к старой ручной технологии. Неоднократно автор убеждался, что, если мастер свободно владеет работой в АРМ, то и уровень управления ТОиР у него на высоком уровне.

Ручные отчёты и анализы – это не АСУ. Ранее упоминаемый АРМ нарядчика окончательно признали, когда автоматизировали отчётность. Отчёты – наглядный пример интеллектуальных потерь первого рода согласно методологии Бережливого производства (Lean Production) [5, 6]. Не случайно в МПС СССР был

запрет на отчёты неустановленных форм и периодичности. В АСУ отчёты формируются без трудоёмких потерь с любым набором фильтров и периодом, в т.ч. с использованием популярной технологии Power BI («интерактивные дашборды»).

Но, несмотря на важность функции формирования отчётов, АСУ должна исключать отчёты как признак старой ручной технологии управления. Пример: если АСУ блокирует нарушения режима труда и отдыха локомотивных бригад, то и отчёты о нарушениях не нужны. Если АСУ блокирует перепробег локомотивов, возможность выдачи локомотива без выполнения всех предусмотренных планово-предупредительных ТОиР, то и не нужны соответствующие отчёты.

Функции встроенного качества делают отчёты не нужными в управлении. «Правильно или никак» - принцип работы АСУ. Остаётся необходимость только в аналитических отчётах для реализации принципов цикла PDCA [7]. Учитывая, что большинство чиновников заняты формированием отчётности, АСУ должна резко сократить штат управленцев.

Сотрудники для отчётов – это не АСУ. К сожалению, запрос информации «у линии» или поручение подчинённым подготовить тот или иной отчёт – обычная ежедневная практика. Более того, работа многих сотрудников и даже подразделений сводится к подготовке отчётов. Хуже того, после подготовки отчётов на ЭВМ, они распечатываются. Это отнимает очень много времени, при этом создаются предпосылки искажения информации или просто ошибки. Умение самостоятельно делать запросы в АСУ, умение работать с информацией на экране – обязательное требование к современному руководителю любого уровня управления. Руководители 21-го века должны принципиально отличаться от руководителей предыдущих веков способностью общаться с компьютером. В решении этой задачи должен сыграть роль и искусственный интеллект. Также не следует путать отчётность и многофакторный анализ.

Неумение работать с компьютером – это не АСУ. Об этом тоже уже шла речь. На первых этапах внедрения АСУ такая проблема была. И нарядчики работали с клавиатурой «одним пальцем». И позже у машинистов возникала проблема с прохождением электронного инструктажа. Да и при внедрении АРМ Мастера постоянно звучало: он отлично знает локомотив, а с компьютером работать не умеет. Сейчас, в третьем десятилетии 21-го века умение работать с компьютером следует считать обязательным. Редкий житель России не имеет smart-телефон и не знает, что такое диалог с программой (интерфейс). Умение

работать с компьютером следует вписывать в должностные инструкции работников. Но это не снимает требование «дружественного интерфейса» используемых в АСУ программ.

Компьютер сбоку – это не АСУ. Компьютер – это вход работника в АСУ, его главный инструмент автоматизированного исполнения своих обязанностей. Если компьютер в рабочее время выключен или неудобно стоит сбоку, значит, скорее всего, есть параллельная бумажная технология работы, которая недопустима. Отсутствие ЭВМ на удобном месте стола – признак отсутствия АСУ.

Бумаги на рабочем столе – это не АСУ. Эта тема уже раскрыта в предыдущих слоганах. Выделена отдельно, т.к. это наглядный признак неправильной работы АСУ. В настоящее время остаются бортовые журналы замечаний машинистов формы ТУ-152. Это явный архаизм: на всех современных локомотивах, число которых уже больше половины всего парка, в кабине машиниста есть бортовой компьютер, на котором легко реализовать электронный журнал ТУ-152. С него по радиоканалам информация может автоматически передаваться в деповской электронный журнал ремонтов (аналог журнала ТУ-28) для управления ТОиР. Принцип отсутствия бумаг – обязателен в АСУ.

Увеличение штата для АСУ – это не АСУ. Часто руководители линейных предприятий жалуются, что внедрение АСУ приводит к увеличению штата для ввода исходной информации. На переходном этапе такое может быть. Но анализ показал, что причина, во-первых, в оставшихся ручных отчётах, протоколах, актах и др., во-вторых, в повторном вводе данных: в блокнот, в Excel, в АСУ. В-третьих, отсутствие классификаторов и повторный ввод. Также имеет место экономия времени за счёт нарушения технологии работы, которые при АСУ становятся невозможными. Большой опыт автора статьи позволяет утверждать, что потребность в увеличении штата может возникать только при неправильной организации работы АСУ, даже при увеличении объёма контролируемых параметров.

Усложнение работы – это не АСУ. Такие жалобы приходится слышать постоянно. Причин может быть несколько, и они описаны выше: работник не отказался от «ручного» ведения информации, формирует отчёты вручную, недостаточно обучен работе с компьютером, перегружен «чужими» ролями. Возможны и другие временные проблемы: низкое быстродействие АСУ, неудобный интерфейс, отсутствие нужных данных в классификаторах – при

внедрении АСУ должна действовать постоянная «горячая линия». АСУ должна облегчать труд, делать его более интеллектуальным и эффективным.

Полный доступ к данным – это не АСУ. При внедрении безбумажных технологий наряду с явными достоинствами возникает риск потери данных, невозможность доступа к ним, возможность доступа к данным непричастных и даже хакеров. Это очень важная проблема, которая должна решаться комплексно по принятым в АСУ канонам. И, безусловно, доступ к информации должен быть ограничен и по условиям коммерческой безопасности. При создании АСУ эта задача должна решаться сразу.

Отсутствие ролей – это не АСУ. Этот тезис – продолжение предыдущего. Изменение штатного расписания – процесс длительный. Штат может учитывать местные условия. Привязка действий в АСУ с ограничением ввода и чтения должна определяться ролями, жёстко не привязанным к должностям: один работник может выполнять несколько ролей, и одна роль может исполняться несколькими работниками. Мастер выполняет роли назначения и закрытия нарядов, слесарь – отметка о начале и завершении работ. А роль диагностирования локомотива и формирования отчётов может выполняться несколькими работниками. Роль ограничивает доступ к информации: чем ниже уровень управления, тем уже информация, но шире права ввода данных. У роли высокого уровня управления расширенный доступ к информации, но низкие права по вводу данных. В должностных инструкциях конкретных работников должно указываться, какие роли он должен исполнять.

Отсутствие защиты данных – это не АСУ. Это уже третий слоган практически на одну тему. Безопасность базы данных – важный элемент АСУ. По статистике США, 70 % компаний, утративших базу данных, не сумели восстановиться. Современные аппаратно-программные средства обладают высокой надёжностью, что «расслабляет», создаёт ощущение безопасности. Но сбои в работе АСУ бывают, имеют место хакерские и вирусные атаки, возможны умышленные действия работников (первый вирус в мире был запущен в компании ИВМ обиженным, но талантливым сотрудником). Система безопасности АСУ должна создаваться сразу, профессионально и с использованием всех достижений.

Нет эффекта – это не АСУ. При технико-экономическом обосновании АСУ часто приходится слышать о «кумулятивном эффекте» – мол, всё станет лучше. И, на первый взгляд, действительно сложно оценить эффект от перехода на

компьютерные технологии, если это не явное сокращение штата. Эту ошибку заметили авторы методологии Lean Production, чётко сформулировав тезис: что не создаёт прибавочной стоимости – является потерями (muda) первого и второго рода (т.е. от которых можно избавиться прямо сейчас или только потом). Именно через увеличение доходности производства следует оценивать эффективность АСУ. В ТОиР – это сокращение затрат на ремонт и обслуживание, сокращение парка локомотивов за счёт повышения их надёжности и сокращения времени простоя в депо, в конечном счёте – повышение объёма перевозок за счёт повышения их привлекательности. Нельзя оценивать эффект от АСУ в показателях АСУ. Эффект должен быть исчисляем в рублях.

Теперь два тезиса, собственно связанных с назначением АСУ.

Нет отрицательной обратной связи – это не АСУ. Это, собственно, главное требование к АСУ с позиций Кибернетики. Норберт Винер настаивал на этом тезисе, ставя его во главу угла [2]. АСУ должна управлять, сравнивая задание с текущей ситуацией по данным базы данных. Простейший вариант – контроль вводимой информации, более сложный – формирование тревожных сообщений на экран, по почте и др. при наличии отклонений («отрицательная обратная связь»). Высший уровень – поддержка принятия решений и даже само принятие решений – автоматизированное (с участием человека) и автоматическое управление. И как раз этот принцип не соблюдается: большинство IT-систем нельзя считать АСУ. На железнодорожном транспорте главные АСУ (АСОУП, ГИД «Урал», АСУТ, ЕК АСУФР, КАС АНТ, АСУ «Сетевой график» и др.) АСУ не являются. При том, что основатель теории варибельности предприятий, самый известный специалист в области управления качеством Эдвард Деминг, настаивал на реализации в системе менеджмента предприятия принципа постоянного улучшения, известного как цикл PDCA [7], который сам признавал как принцип Уолтера Шухарта.

Нет инкапсуляции математических методов – это не АСУ. На этом тезисе хотелось и закончить статью. Применение вероятностно-статистических методов управления [8] ещё во второй половине 20-го века стало основой современного менеджмента [7]. Даже в медицине появилось понятие «Доказательная медицина», основанное на статистической обработке данных об испытании лекарств, методик и др. Если в 60-е годы Э. Демингу приходилось доказывать необходимость варибельных подходов, то сейчас это уже не обсуждается.

Многочисленные используемые методы [9] имеют в основе статистику, но первое же знакомство с математикой показывает трудность их практического применения в силу недостаточных знаний, неуверенности в своих действиях. Вот тут и приходит на помощь инкапсуляция математических и логических апробированных методов: предоставление наглядного интерфейса при достаточно сложных расчётах, скрытых от пользователя.

Пример. В 2013-м году было определено, что в СЛД «Тында-Северная» средний простой тепловозов на ТООР составляет 111 суток. При проверке оказалось, что ни один локомотив не стоял 111 суток. Часть локомотивов были на ТООР нормативное время, часть – месяцами стояли «под забором» из-за отсутствия запасных частей (в т.ч. коленвалов). Эффект не правильного применения статистики в Интернет часто называют эффектом «средней температуры по больнице». На практике надо проверять данные на унимодальность с использованием, например, критерия согласия Пирсона, Колмогорова-Смирнова и др. Опыт автора статьи и его учеников показывает недопустимость брать средние показатели надёжности по сети: унимодальность имеет место при выборе данных по одной серии в одном депо (в отдельных случаях – полигоне) по одному виду движения: магистральные, вывозные и хозяйственные, пассажирские и пригородные поезда. Предлагается инкапсулированными методами проверять используемую в отчётах информацию и выделять её цветом в зависимости от степени унимодальности – вероятности соответствия одному из законов распределения случайной величины: нормальному, логнормальному, экспоненциальному и др.

Примеров необходимости в инкапсуляции математических методов много. Например, автоматическое выявление опасных трендов, сравнение параллельных процессов и выявление необоснованных отличий (по стоимости и времени, числу отказов и др.) – сравнение двух средних, планирование складских запасов, планирование постановки на ТООР, прогнозирование времени выдачи локомотива после ТООР, прогнозирование расхода электроэнергии и топлива и др.

На уровне научно-исследовательских работ, в т.ч. учёных вузов, многие задачи проработаны, но из-за отсутствия инкапсуляции, а раньше и самих АСУ, не внедрены. Подключение учёных вузов могло бы существенно повысить научную наполненность АСУ через инкапсуляцию математических методов.

Таким образом, при внедрении АСУ необходимо не только соблюдать правила создания АСУ и информационных технологий в целом, использовать

передовые методы управления и аппаратно-программные средства, но и следить за отсутствием типовых ошибок, описанных в настоящей статье. При анализе зрелости той или иной АСУ предлагается использовать предложенные методический подход.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лакин, И. К. История создания систем менеджмента качества (СМК) и особенности их внедрения на железнодорожном транспорте / И. К. Лакин, В. Н. Супрун. – Красноярск: КФ ИрГУПС, 2006. – 92 с. – Текст : непосредственный.
2. Винер, Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине / Норберт Винер. – Пер. с англ. – 2-е издание. – Москва : Наука, 1983. – 344 с. – Текст : непосредственный.
3. Глушков, В. М. Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС. – М.: Статистика, 1975, 160 с.
4. Лакин, И. К., Автоматизированная система управления эксплуатационным жизненным циклом локомотивов / Лакин И.К., Пустовой И.В., Аболмасов А.А. Эксплуатация и обслуживание электронного и микропроцессорного оборудования тягового подвижного состава: труды Всероссийской научно-практической конференции с международным участием – Красноярск: ДЦВ Красноярской ж.д., 2020, с. 223 – 242.
5. Toyota Production System. Производственная система Тойота. Сайт Forstor – официального дилера Toyota Material Handling. – URL: <https://toyota-bt.com/materials/toyota-production-system> (дата обращения: 25.01.2021). – Текст : электронный.
6. Джонс, Дэниэл Бережливое производство. Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании / Дэниэл Джонс, Джеймс Вумек – Москва : Альпина Паблишер, 2020, 472 с. – Текст : непосредственный.
7. Деминг, Э. Выход из кризиса: Новая парадигма управления людьми, системами и процессами / Э. Деминг. – Пер. с англ. – Москва : Альпина Бизнес Букс, 2007. – 370 с. – Текст : непосредственный.
8. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров // 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Академия, 2003. – 464 с. – Текст : непосредственный.
9. Исикава, К. Японские методы управления качеством / Пер. с англ. / Науч. ред. и предисл. А. В. Гличева. – Москва : Экономика, 1988. – 215 с. – Текст : непосредственный.