

**КОМПЛЕКС ДИСТАНЦИОННОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ
И УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

Д.Ю. Небрятенко, А.Б. Тараканов, Е.В. Кашевская

Описана структура функционального использования программного комплекса "RS-Balance3.Дорстрой", проведен анализ и сравнительная оценка реструктуризированной и существовавшей систем контроля и управления на примере ГБУ "Автомобильные дороги" г. Москва, в которой комплекс запущен в эксплуатацию в 2015 году. Проанализированы программные элементы и структуры, предложен новый подход к минимизации проведения комплекса работ для обслуживания сети автодорог регионального и муниципального подчинения с применением информационно-аналитического комплекса "RS-Balance3.Дорстрой". Использование комплекса привело к увеличению эффективной производительности автотранспорта, росту оборачиваемости складских территорий для хранения и обработки сыпучих дорожно-строительных материалов, снижению влияния человеческого фактора на производственные процессы и процессы учета и контроля.

Ключевые слова: система управления дорожно-строительной деятельностью; асфальтобетонный завод (АБЗ); железобетонный завод (ЖБИ); автоматизация; комплекс "RS-Balance3.Дорстрой".

**ЖОЛ КУРУЛУШУНУН ТЕХНОЛОГИЯЛЫК ПРОЦЕССТЕРИН
АРАЛЫКТАН АВТОМАТТЫК КОНТРОЛДОО ЖАНА БАШКАРУУ КОМПЛЕКСИ**

Д.Ю. Небрятенко, А.Б. Тараканов, Е.В. Кашевская

Бул макалада "RS-Balance3.Дорстрой" программалык комплексин функционалдык пайдалануу түзүмү сүрөттөлгөн, конструкциясы 2015-жылы колдонууга барилген Москва шаарынын "Автомобиль жолдору" шаардык бюджеттик мекемесинин мисалында реструктуризацияланган жана иштеп жаткан контролдоо жана башкаруу системаларына талдоо жүргүзүлгөн жана салыштырмалуу баа берилген. Программалык камсыздоонун элементтери жана түзүмдөрү талдоого алынган, "RS-Balance3.Дорстрой" маалыматтык-аналитикалык комплексин колдонуу менен аймактык жана муниципалдык жолдор тармагын тейлөө боюнча иштердин комплексин минималдаштыруунун жаңы ыкмасы сунушталат. Комплексти колдонуу автотранспорттун натыйжалуу өндүрүмдүүлүгүн жогорулатууга, жол курулуш материалдарын сактоо жана кайра иштетүү үчүн кампа аянттарынын жүгүртүүнүн өсүшүнө, өндүрүш процесстерине, эсепке алуу жана контролдоо процесстерине адам факторунун тийгизген таасиринин төмөндөшүнө алып келди.

Түйүндүү сөздөр: жол куруу ишин башкаруу системасы; асфальт-бетон заводу (АБЗ); темир-бетон заводу (ТБЗ); автоматташтыруу; "RS-Balance3.Дорстрой" комплекси.

**COMPLEX FOR REMOTE AUTOMATED CONTROL AND MANAGEMENT
OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF ROAD CONSTRUCTION**

D. Yu. Nebratenko, A. B. Tarakanov, E. V. Kashevskaya

The structure of the functional use of the software complex "RS-Balance3.Dorstroy" is described, the analysis and comparative assessment of the restructured and existing control and management systems is carried out on the example of the State Budgetary Institution "Automobile Roads" in Moscow, in which the complex was put into operation in 2015. The software elements and structures are analyzed, a new approach to minimizing the complex of works for servicing the network of regional and municipal roads with the use of the information and analytical complex "RS-Balance3.Dorstroy" is proposed. The use of the complex has led to an increase in the effective productivity of vehicles, an increase in the turnover of warehouse areas for the storage and processing of bulk road building materials, a decrease in the influence of the human factor on production processes and accounting and control processes.

Keywords: road construction management system; asphalt concrete plant (ACP), reinforced concrete plant (RCP); automation; complex "RS-Balance3.Dorstroy".

Одним из примеров новейших технологических способов ведения дорожно-строительной деятельности является применение современных систем сквозного автоматизированного контроля, учета и управления всеми процессами производственной деятельности дорожных организаций. Они успешно используются как на асфальтобетонных заводах (АБЗ) при производстве асфальтобетонных смесей (АБС) требуемого состава и свойств, так и для эффективной и экологичной их транспортировки. Эти системы эффективны и при осуществлении процессов подготовки дорожных объектов к ремонту, контролю укладки на них АБС в установленных температурных и технологических режимах.

Для синхронизации производственных и технологических алгоритмов при осуществлении дорожной деятельности разработана система "RS-Balance3.Дорстрой", которая успешно используется компанией ООО "ЭР-ЭС СОФТЛАБ РИСЕРЧ" в четырех регионах Российской Федерации.

Компания "ЭР-ЭС СОФТЛАБ РИСЕРЧ" образована в 1994 году. С тех пор её программный продукт "RS-Balance" претерпел множество изменений и обновлений, необходимых для удовлетворения потребностей даже самого требовательного менеджмента [1]. Пакет ее разработок содержит широкий спектр решений по автоматизации предприятий как производственной, так торгово-и складской направленности.

Информационно-аналитический комплекс "RS-Balance3.Дорстрой" был разработан в 2015 г. и успешно проявил себя при решении многопараметрических задач по автоматизации полного спектра производственной дорожно-строительной деятельности. Он используется в государственном учреждении "Автомобильные дороги" (Москва), АО "Московский областной дорожный центр", государственном предприятии Владимирской области "Дорожно-строительное управление № 3", открытом акционерном обществе "ДЭП № 19" (Ногинск), обществе с ограниченной ответственностью "ТехСтройКонтракт" (Дмитров), закрытом акционерном обществе "Автогрейд" (Саратов) и ряде других.

На производственных мощностях ГБУ "Автомобильные дороги" г. Москвы, крупнейшего предприятия сферы жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ) в Европе, полномасштабное внедрение системы "RS-Balance3.Дорстрой" произведено в июле 2016 года. Общая площадь находящихся в ведении этого ГБУ проезжих частей и тротуаров составляет 42 млн кв. м. Территорию обслуживают 65 тыс. единиц дорожной техники и 28 тыс. сотрудников. Это 555 объектов дорожной сети, в числе которых важнейшие для города кольцевые и вылетные магистрали: Садовое кольцо и Третье транспортное кольцо (ТТК), московская кольцевая автомобильная дорога (МКАД), Тверская улица, проспект Мира, Киевское шоссе, и многие другие [2]. Следует отметить, что в 2018 г. ГБУ "Автомобильные дороги" г. Москвы вошло в книгу рекордов Европы как "самая крупная организация по обслуживанию дорог" [3].

На сегодняшний день ГБУ "Автомобильные дороги" с помощью системы "RS-Balance3.Дорстрой" управляет почти тридцатью производственными площадками: десятью асфальтобетонными заводами (АБЗ) суммарной производительностью более 2000 т в час, одним заводом железобетонных изделий (ЖБИ), двенадцатью хранилищами каменных материалов, шестью площадками временного хранения и перевалки нерудных материалов и т. д. Заложенные архитектурные решения системы "RS-Balance3.Дорстрой" позволяют получать оперативную информацию по ремонту и поддержанию в нормативном состоянии дорожных объектов на территории Москвы и Московской области, поскольку система предусматривает применение облачных технологий и возможность дистанционного наблюдения за выполнением хода дорожных работ из любой точки столицы, страны и даже мира.

Руководство работой асфальтобетонного завода требует решения множества сложных рутинных процессов по управлению, контролю и учету. Современные MES-системы (Manufacturing Execution System) позволяют автоматизировать исполнение корректной рецептуры смеси, но все происходящее вне установки остается для системы MES закрытой информа-

цией. В реальных условиях управление АБЗ это нечто большее – это и контроль за всей территорией, или даже сетью заводов АБЗ. Контроль осуществляется за перемещением грузового транспорта по территории, за остатками материалов, за оформлением товаросопроводительной документации и отношениями с контрагентами, за управлением заказами на доставку и корректировкой объемов выпуска в реальном времени.

Система изначально проектировалась для управления как одиночными, так и скооперированными производственными площадками, в частности АБЗ и ЖБИ. Она позволяет на 99,93 % сократить ошибки в текущей работе операторов, а при интеграции с исполнительной системой управления производством асфальтосмесительной установки MES, устранить нарушения при производстве АБС по утвержденным Заказчиком рецептам на 99,98 %. Кроме того, более чем пятилетний опыт эксплуатации системы “RS-Balance3.Дорстрой” показал возможность многократно сократить непроизводительный простой автотранспорта в ожидании приёмки и выгрузки сырья на АБЗ, а также во время отгрузки асфальтобетонных смесей (АБС), уменьшив холостые простои транспортных средств на 20 %.

По мере развития транспортной инфраструктуры ГБУ “Автомобильные дороги”, ее задачи расширились и система “RS-Balance3.Дорстрой” стала покрывать нужды и других подразделений, участвующих в общегородском дорожном строительстве. Следует отметить, что одним из важнейших моментов для заблаговременного планирования ресурсов при проведении ремонтных и строительных работ на улично-дорожной сети является актуальная и достоверная информация на текущий момент времени. Для реализации указанной задачи был разработан дополнительный функциональный модуль, позволяющий осуществлять автоматический обмен данными между местными заказчиками, представленными 128 подразделениями ГБУ “Жилищник” и головным предприятием с 10 производственных АБЗ и 18 площадок хранения и перевалки каменных и битумных материалов, в том числе находящихся в оперативном управлении ГБУ “Автомобильные дороги” г. Москвы. Поэтому программный комплекс “RS-Balance3.Дорстрой” был рекомендован для решения ши-

рокого круга задач не только на территории Москвы, но и Московской и других областей, что было успешно реализовано в 2018–2020 гг. [4].

Среди решаемых задач с помощью информационно-аналитического комплекса необходимо выделить:

- Обеспечение централизации управления и диспетчеризации деятельности всех участников производственного процесса (производственный, лабораторный и складской персонал, автотранспортное обеспечение, управленческие структуры центрального офиса, руководители разного уровня).
- Координация работ производственно-технических управлений и отделов (ПТО).
- Управление производственными процессами на площадках переработки (АБЗ, ЖБИ, бетонно-смесительные установки (БСУ) и проч.).
- Оперативный контроль и управление деятельностью подразделений, осуществляющих работы непосредственно на дорожных объектах.
- Эффективный инструмент аккумулирования, контролирования и хранения информации по всему объёму дорожной деятельности учреждения.

Централизация управления и диспетчеризация деятельности всех участников производственного процесса. Рассмотрим обозначенные выше задачи на примере конкретных объектов ремонта и строительства, находящихся в ведении ГБУ “Автомобильные дороги”.

Производственная деятельность, непосредственно контролируемая системой “RS-Balance3.Дорстрой”, осуществляется на десяти асфальтобетонных заводах, двенадцати хранилищах каменных материалов, шести площадках временного хранения и перевалки нерудных материалов и одном заводе железобетонных изделий.

Приведем лишь частично перечень операций, автоматически контролируемых комплексом “RS-Balance3.Дорстрой” на данном этапе работ: контроль за поступлением сырья/материалов на АБЗ и отгрузкой товарных смесей с территории АБЗ, учет текущих остатков сырья и АБС т. п. В рамках данного модуля предусмотрена интеграция в систему весовых терминалов фото- и видеофиксации номеров въезжающего

и выезжающего автотранспорта с сырьем, АБС, а также порожних. Это позволяет максимально автоматизировать процесс приемки материалов и отгрузки готовой продукции. Производится учет времени нахождения автотранспорта на территории АБЗ, а также в пути до места выгрузки АБС на участке проведения работ. Кроме того, предусматривается интеграция данных с учетными системами Заказчика.

Применение данного модуля на ПК АБЗ “Рябиновая” за счет интеграции с исполнительной системой управления производством асфальтосмесительной установки MES, позволило повысить точность учета расхода минерального порошка на 15 %, а отсева дробления габбро-диабаз фракции 0–5 – на 28 %, что увеличило стабильность качества асфальтобетонных смесей на их основе на 30 %. Кроме того, увеличилась оборачиваемость автотранспорта, привлекаемого для осуществления готовых АБС на разные участки ремонта на территории Москвы.

Так, за счет введения автоматизированного учета и контроля за простоем автотранспорта на улично-дворовых территориях, примыкающих к производственно-складским базам и АБЗ, загруженность улиц в районе ПК АБЗ “Бирюлёво” и ПК АБЗ “Мелитопольская”, по данным Яндекс-Карты и Яндекс.Метрика [5] в ночные часы существенно понизилась (в среднем на 35–40 %). При этом оборот собственного автотранспорта ГБУ “Автомобильные дороги” за тот же период времени вырос на 62,5 %.

При этом необходимо отметить, что увеличение оборачиваемости автотранспорта означает снижение времени перемещения горячей АБС до участка укладки, а, следовательно, качественные показатели асфальтобетонной смеси сохраняются в более полном объеме, что также положительно влияет на увеличение межремонтных сроков городских автомагистралей.

Координация работ производственно-технических служб и управление производственными процессами на площадках переработки и хранения. Программными и аппаратурными решениями информационно-аналитического комплекса (ИАК) “RS-Balance3.Дорстрой” предусмотрена возможность долговременного планирования и оперативной корректировки производственных планов, заложена функция

анализа плана-факта выполненных работ, разработки мероприятий по устранению причин отставаний и т. п. Таким образом, существенно повышается качество координации работ производственно-технических управлений и отделов, задействованных в планировании, реализации и анализе дорожной деятельности производственных подразделений Заказчика.

Единый интерфейс системы позволяет получать актуальную информацию об остатках сырья и материалов, о выпуске готовой продукции, о перемещениях транспорта и выполняемых работах в режиме реального времени и принимать решения о необходимых корректировках, а также получать итоговую аналитическую отчетность.

Здесь уместно упомянуть о ситуации, возникшей в 2019 г. при проведении дорожных работ на севере столицы. Проектом было предусмотрено проведение установки шумопоглощающих акустических панелей на неразъемных деформационных швах вдоль участка водоотводного канала [6]. Были проведены подготовительные работы, размечены и обозначены участки складирования панелей непосредственно вдоль канала, но, в связи с выпадением значительного количества осадков, и прорывом заграждающей стенки образовалась критическая ситуация. Однако с помощью использования ресурсов ИАК “RS-Balance3.Дорстрой” ПТО ГБУ “Автомобильные дороги” были своевременно проведены корректировочные действия, автотранспорт был переориентирован не на подвоз, а на вывоз панелей из зоны подтопления, а часть техники была заменена на передвижные автономные бочки, оснащенные насосными установками. В результате ситуация была быстро локализована, еще до наступления активного движения автотранспорта в дневные часы.

С помощью ИАК “RS-Balance3.Дорстрой” может осуществляться оперативный контроль и управление деятельностью подразделений, выполняющих работы непосредственно на дорожных объектах. Единый интерфейс системы позволяет контролировать движение транспорта с АБС от АБЗ до дорожных объектов, прогнозировать поступление материалов в режиме реального времени, получать отчетность в необходимом и удобном для сотрудников виде.

Соблюдение технологических параметров выпуска качественных АБЗ во многом определяется температурными показателями сырья и материалов, поступающих на смешение. Размещение соответствующих узлов учета на подающих трубопроводах и транспортёрах на всех АБЗ ГБУ «Автомобильные дороги» позволило контролировать текущее состояние температуры битума (БНД 60/90 ГОСТ 22245–90) и влажности песка (Песок 1 категории (мытый)), при этом расход энергоносителей на указанные цели снизился в среднем на 18 %.

Оперативный контроль и управление работами непосредственно на дорожных объектах. Наиболее чувствительным для населения является этап проведения работ непосредственно на дорожных объектах. В силу высокой интенсивности движения автотранспорта в крупных городах, каковым и является Москва, указанные мероприятия осуществляются в ночное время, преимущественно с 0 часов ночи до 4 часов утра. Поэтому крайне важно проводить все операции максимально быстро, четко, слаженно, соблюдая минимальные шумовые воздействия акустически активных длин волн. И эти ограничения не должны приводить к потере качества производимых работ.

Так, например, ИАК «RS-Balance3.Дорстрой» может поставляться Заказчику с дополнительным модулем «Мониторинг укладки асфальта и оперативного реагирования» (система контроля сегрегации асфальта). Данный модуль позволяет отследить качество укладки, установить степень сегрегации (расслоения) уложенного асфальта, составить отчет о качестве выполненной работы, а в ходе выполнения работы отслеживать заданные параметры укладки с возможностью корректировки работ.

Еще в конце прошлого века западные дорожно-строительные организации стали уделять особое внимание влиянию температурной сегрегации (расслоению) на длительность службы дорожного полотна. В результате исследований было доказано, что неравномерная температура укладываемого асфальта ведет к недостаточному уплотнению более холодных участков, что сокращает межремонтные сроки службы дорожных покрытий. Перепад температуры укладываемого асфальта более 14 °С означал гаран-

тированные локальные повреждения будущего дорожного полотна.

Информационно-аналитический комплекс «RS-Balance3.Дорстрой» дает возможность дорожно-строительным организациям автоматически контролировать температуру верхнего слоя укладываемого асфальтобетонного покрытия. Текущие значения температуры выводятся на панель управления, что позволяет корректировать процесс укладки. Все параметры укладки автоматически фиксируются и сохраняются, что позволяет обрабатывать полученные данные, составлять на их основе отчеты и проводить сводный анализ. Благодаря таким отчетам дорожно-строительные организации могут выявлять слабые звенья в цепочке производство на АБЗ – транспортировка АБС – перевалка и укладка асфальтобетонного покрытия и корректировать работу таким образом, чтобы полностью устранить температурную сегрегацию и существенно повысить стабильность качества осуществляемых работ.

При этом системой формируется широкий спектр автоматизированных сводных данных и отчетов:

- создание температурного профиля;
- отображение температурного профиля в режиме реального времени на мониторе и его фиксация в режиме реального времени;
- запись всех данных, влияющих на качество укладки (профиль, погода, скорость укладки и т. д.);
- контроль температуры укладываемого асфальта.

Полученные таким образом данные могут являться официальным подтверждением соответствия качества работы требованиям проектной документации.

В заключение следует отметить, что при внедрении системы «RS-Balance3.Дорстрой» для аппаратного сопровождения всех многочисленных этапов работ, необходимо иметь: типовые контроллеры на весовой АБЗ с входным СОМ-портом, не менее двух IP-камер для распознавания номеров транспортных средств (ТС), а также стандартный современный компьютер диспетчера, имеющий порт RS-232, либо свободный слот для его установки. С целью сокращения затрат предусмотрен вариант размещения мощностей центрального звена системы в уда-

ленном дата-центре. Период ввода стандартного отраслевого решения системы в эксплуатацию, т. е. с момента её установки на ПК диспетчера, директора завода и подключения всего вспомогательного оборудования, не превышает трех рабочих дней.

Перед началом работы специалисты ООО “ЭР-ЭС СОФТЛАБ РИСЕРЧ” производят обучение персонала Заказчика по работе с системой с учетом специализации разных структурных подразделений. При необходимости эксплуатирующие организации могут воспользоваться методическими разработками по эксплуатации данного информационно-аналитического комплекса. Вне зависимости от региона размещения, осуществляется долговременное сопровождение работы информационно-аналитического комплекса управления и синхронизации производственных и технологических алгоритмов при осуществлении дорожной деятельности “RS-Balance3.Дорстрой” и повышение квалификации пользователей в случае внедрения программных и пользовательских обновлений.

Заключение. Анализ работы систем автоматизированного контроля и управления ремонтно-строительной деятельностью на региональных автомобильных дорогах РФ в ГБУ “Автомобильные дороги” и других российских производственных организациях практики показал обоснованность методических основ для создания организационной структуры информационно-аналитического комплекса управления производственными процессами. На основании опыта шестилетней промышленной эксплуатации программного комплекса RS-Balance разработано дерево целей и функций вновь созданной системы управления производственной деятельности по поддержанию автодорог города/регио-

на в нормативном состоянии. Показаны варианты реализации функциональных возможностей информационно-аналитического комплекса “RS-Balance3.Дорстрой” для разных этапов дорожно-строительного цикла.

Литература

1. Официальный сайт ООО “Эр-Эс Софтлаб Рисерч”. URL: <http://www.rs-balance.ru/clients/> (дата обращения: 29.01.2021).
2. Официальный сайт Государственного бюджетного учреждения “Автомобильные дороги”. URL: <http://gbuador.ru/activities/renovation/> (дата обращения: 09.06.2019).
3. Официальный сайт московской дирекции массовых мероприятий. URL: <https://mosdmm.ru/news/foto-vystavka-moskva-lyubit-avtodorna-nikitskom-bulvare/> (дата обращения: 12.12.2020).
4. Министерство инвестиций и инноваций Московской области и “Эр-Эс Софтлаб Рисерч” заключили государственный контракт на выполнение работ по разработке и созданию информационной системы кооперации промышленных предприятий Московской области. URL: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/164977720?requestId=bf67c2fc-2337-4942-8fa3-4d39088b1780> (дата обращения: 30.04.2020).
5. “Яндекс.Метрика” – интернет-сервис компании Яндекс, предназначенный для оценки и анализа поведения пользователей. URL: <https://metrika.yandex.ru/dashboard?group=dekaminute&period=today&id=72634512> (дата обращения: 04.24.2021).
6. *Исаков А.М.* Об организации научно-исследовательского сектора при работе по методологии SUPERPAVE / А.М. Исаков, Д.Ю. Небратенко // Вестник КРСУ. 2020. Т. 20. № 12. С. 111–117.