

ООО «КОМПИТ ЭКСПЕРТ»

Конкурс «BPM-проект года 2024»

Описание проекта

**«Решение Электронная карта сборки для ОАО «Минский
тракторный завод»**

Минск 2024

Оглавление

Аннотация	3
Введение	3
Бизнес-контекст	3
Бизнес-процесс.....	4
Инновационность	11
Сложности	12
Результаты.....	13
Информационные технологии.....	13

Аннотация

Решение предназначена для эффективного выполнения задач формирования и ведения электронных карт сборки (далее ЭКС) тракторов с возможностью последующей выгрузки информации для гарантийного и постгарантийного обслуживания.

Цели и задачи:

- Формирование перечней данных ЭКС трактора в темпе выпуска продукции на основе данных первичных справочников.
- Минимизация трудоемкости формирования ЭКС.
- Минимизация количества ошибок при формировании ЭКС трактора.
- Обеспечение гибкого изменения структуры и состава данных ЭКС при изменении первичных нормативных документов.

Введение

Официальной точкой отсчета истории ОАО «Минский тракторный завод» (далее МТЗ) считается 29 мая 1946 года. Сегодня МТЗ является управляющей компанией холдинга «МТЗ-Холдинг», зарегистрированного 01.07.2014г. и производит тракторы колёсные сельскохозяйственные с двигателем мощностью 57-364 л.с., машины погрузочно-транспортные, погрузочно-разгрузочные, трелёвочные, лесохозяйственные, коммунальные, погрузчики, универсальные шасси, литьё стальное и чугунное, штамповки и запасные части, а количество сотрудников превышает 16 000 человек.

Конкурентным преимуществом МТЗ является производство полного цикла продукции от проектирования до сборки трактора и его обкатки. В целях наращивания объемов производства и расширения рынков сбыта МТЗ проводит целенаправленную работу по развитию уже существующей сети технического обслуживания и созданию новых сервисных центров в Республике Беларусь и за ее пределами, что закономерно ведет к повышению контроля над уровнем качества продукции и приоритетности этого направления деятельности.

Система менеджмента качества позволяет управлять всеми процессами производства, реализации и обслуживания выпускаемой техники, совершенствовать их и обеспечивать постоянный мониторинг. МТЗ находится на пути цифровой трансформации и последовательно внедряет цифровые технологии в бизнес-процессы предприятия.

Бизнес-контекст

Разработана «Стратегия развития холдинга «МТЗ-Холдинг» до 2034г., целями которой среди прочих выделяют:

- Создание беспилотного трактора;
- Увеличение доли экспорта техники «Беларус» в мировом экспорте до уровня не менее 4,0%.

Проведена существенная модернизация технического уровня цифровой инфраструктуры, создан современный центр обработки данных, обеспечена пропускная способность канала телекоммуникационной сети до узлов распределения в 10Гб/с, а также постоянно обновляется парк компьютерной техники. В ближайшее время внедряется новая PLM-система (англ. product lifecycle management — прикладное программное обеспечение для управления жизненным циклом продукции) и планируется модернизация ERP-системы (англ. enterprise resource planning — программный продукт для интеграции производства и

операций, управления трудовыми ресурсами, финансового менеджмента и управления активами).

Основная проблема, с которой столкнулись на МТЗ: в процессе гарантийного обслуживания физически трудно найти карту сборки трактора, чтобы исключить фальсификацию состава номерных агрегатов, т.к. карты сборки трактора хранятся в бумажном виде. Процесс поиска занимает много времени и не всегда завершается успешно. Бывают случаи, когда невозможно установить серийный номер детали или ФИО исполнителя. Использование ЭКС позволит отказаться от бумажной версии карты сборки и кардинально повысить скорость доступа к информации из карты сборки в рамках осуществления гарантийных обязательств.

Бизнес-процесс

В сборочном цехе ежедневно находится в работе несколько десятков наряд-заказов с различным периодом действия от дня до года и более. После включения в задание на смену тех или иных модификаций трактора сотрудники планово-диспетчерского бюро (далее – ПДБ) генерируют 16-значный VIN номер ближайшей запускаемой модификации трактора и выводят на печать приемо-сдаточный ярлык с VIN номером. Одновременно с генерацией VIN кода генерируется документ «Перечень номерных деталей и узлов трактора».

В рамках диспетчеризации процесса на первую операцию конвейера подается полурама трактора. Рабочий сканером считывает с ярлыка штрих-код с VIN номером. Конвейер предназначен для сборки тракторов малой мощности, на этой линии собирают 100 тракторов в смену.

В процессе движения трактора по конвейеру выполняются операции сборки. На некоторых позициях на трактор устанавливают номерные узлы, то есть узлы, имеющие серийный номер или дату изготовления для деталей и сборочных единиц собственного изготовления, а также производят установку РВД. После установки рабочий записывал номер детали/ дату изготовления/ изготовителя в соответствующие графы бумажной версии документа «Карта сборки трактора», писал ручкой свой табельный номер и ставил подпись. (рисунок 1).

Номенклатура установленных РВД ГНС (участок № 1)

Обозначение	Дата изготовления	Изготовитель	Табельный номер, подпись слесаря МСР КСТ
680-4607140-05			
680-4607140-06	08.22	НЗМ	88948
680-4607140-12			
680-4607140-13	07.22	НЗМ	88948
Н036.83.140			

4

Рисунок 1 – Бумажная карта сборки

Контролер бюро технического контроля (далее – БТК) проверяет выполнение определенных операций и ставит свой штамп в карте сборки. Контролеры БТК расположены на конвейере после каждого участка и проверяют операции, выполненные рабочими участка.

Далее водитель-испытатель производит обкатку собранного трактора и указывает несоответствия, если они есть. Некоторые замечания устраняются на месте. Для устранения более сложных замечаний трактор буксируется в дефектное отделение. После устранения замечаний также делается отметка в карте сборки. В результате устранения замечаний могут быть демонтированы отдельные номерные узлы и агрегаты с заменой на новые, вследствие чего в карту сборки вносятся другие номера агрегатов. На последней странице карты сборки приклеивается распечатка протокола регистрации усилий закручивания гаек на колесах и протокол испытания тормозов.

После успешно проведенных испытаний трактор попадает в цех покраски и отделки. Оформляют паспорт на трактор и печатают приложение к паспорту «Перечень номерных деталей и узлов трактора».

Далее трактор попадает на склад готовой продукции со снятыми аккумуляторами. Непосредственно перед отгрузкой на трактор устанавливаются аккумуляторы, и номера этих аккумуляторов также вносятся в «Карту сборки трактора». Карты сборки трактора хранились в бумажном виде.

Представители МТЗ обозначили проблему и расширили задачу до полной реализации карты сборки в электронном варианте. В момент генерации 16-значного VIN номера ближайшей запускаемой модификации трактора и генерации документа «Перечень номерных деталей и узлов трактора» ERP-система автоматически выгружает этот документ в Программный комплекс «ЭЛЕКТРОННАЯ КАРТА СБОРКИ» (рисунок 2). Решение

«ЭКС» принимает документ и формирует на его основе первую часть электронной карты сборки – цифровой документ «Перечень номерных деталей и узлов трактора».

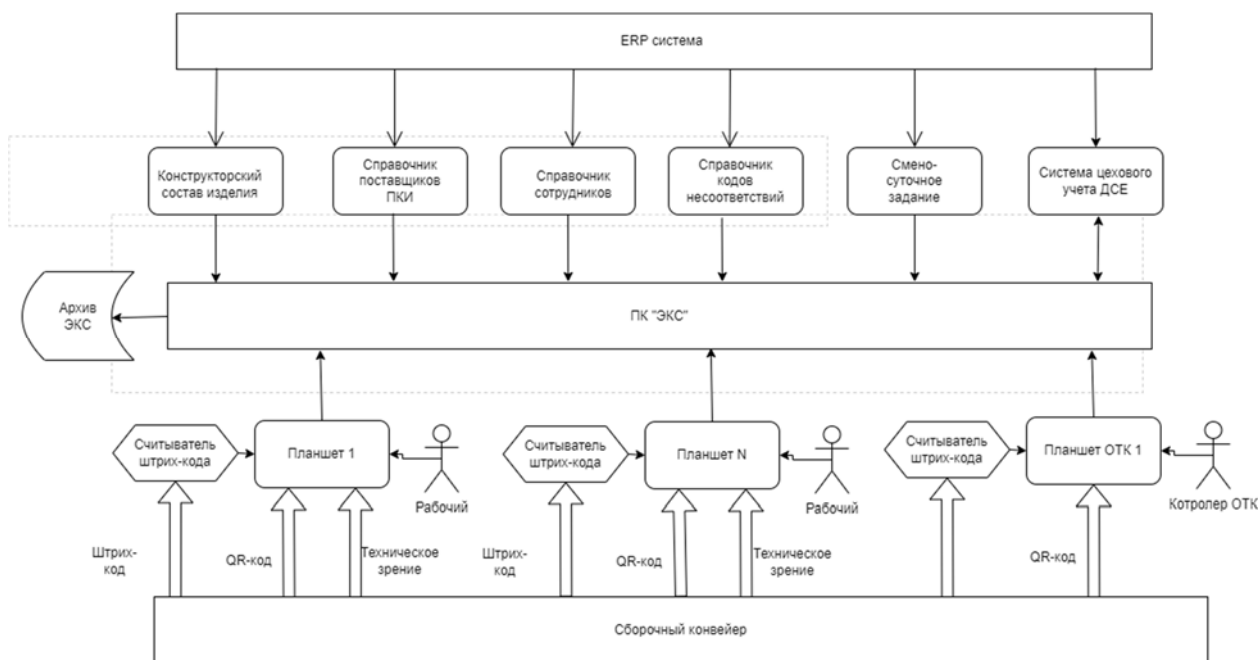


Рисунок 2 – Схема информационных потоков

Функциональная структура решения включает (рисунок 3):

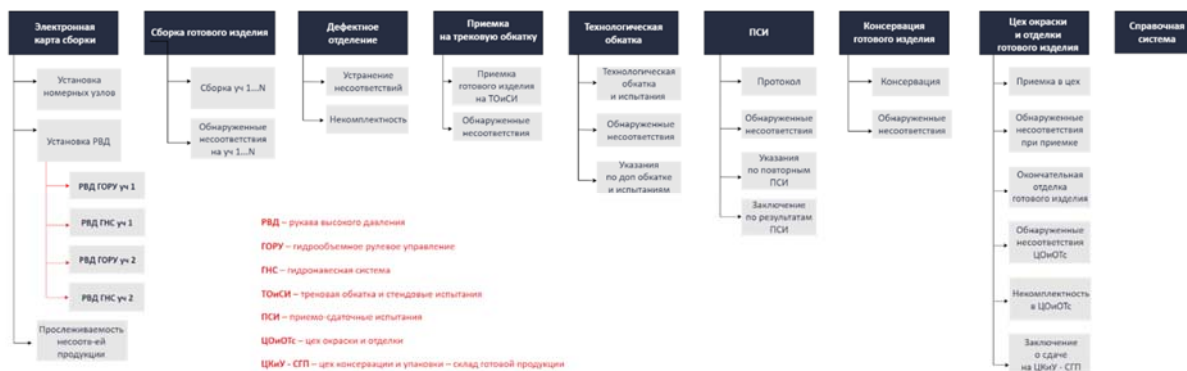


Рисунок 3 – Функциональная структура решения

Электронная карта сборки (рисунок 4, рисунок 5): содержит информацию о модели трактора, стране назначения, № трактора (VIN номер), № наряд-заказа, спецификацию (с наименованием узлов, деталей; номеров узлов; замены (номер узла замены), а также содержит данные об изготовителе узла, детали и кто из работников установил каждый номерной узел, деталь); информацию об установке рукавов высокого давления (далее РВД) (данные о дате изготовления, изготовителе, ответственном работнике).

Электронная карта сборки

Модель

Беларус 302.1

VIN-номер

343499

Заказ-наряд

3432241

Страна назначения

ЕАЭС

Дата

24 ноября 2023 г.

Фото

+ Изображение

Установка номерных узлов

Установка РВД

Сборка трактора

2.Трансмиссия ^

Трансмиссия

Номер узла

82672435

Изготовитель

РУП «

+ Создать

Выполнил

☒

Конечная передача (левая)

Номер узла

0989231

Изготовитель

Минь

+ Создать

Выполнил

☒

Конечная передача (правая)

Номер узла

6721155

Изготовитель

Витеб

+ Создать

Выполнил

☒

Шестерни главной передачи в паре

Номер узла Шестерни

6789768

Изготовитель

Минь

+ Создать

Выполнил

☒

Дифференциал

Номер узла

2341779

Изготовитель

Смор

+ Создать

Выполнил

☒

2.1Коробка передач v

Силовой регулятор

Номер узла

25345654

Изготовитель

Смор

+ Создать

Выполнил

☒

Коробка раздаточная

Номер узла

62458980

Изготовитель

Бобру

+ Создать

Выполнил

☒

Рисунок 4 – Установка номерных узлов

Электронная карта сборки

Модель

Беларус 302.1

VIN-номер

343499

Заказ-наряд

3432241

Страна назначения

ЕАЭС

Дата

24 ноября 2023 г.

Фото

+ Изображение

Установка номерных узлов

Установка РВД

Сборка трактора

П80-4607120

Дата изготовления

08.02.2024

Изготовитель

Наровлянский

+ Создать

Выполнил

☐

П80-4607120-01

Дата изготовления

07.02.2024

Изготовитель

Бобруйский за

+ Создать

Выполнил

☐

П100-4607140

Дата изготовления

13.02.2024

Изготовитель

Бобруйский за

+ Создать

Выполнил

☐

П100-4607140-01

Дата изготовления

22.02.2024

Изготовитель

Сморгонский з

+ Создать

Выполнил

☐

Прослеживаемость несоответствий ^

Обозначение, наименование детали, сборочной единицы

Обозначение и наименование детали, сборочной единицы	Разрешающий документ	Подтверждение	Подпись слесаря	Подтверждение Контролёра	Подпись контролёра
П100-4607140	ПБ7	☒	Слесарь 1 уч.3 таб 10-223	☒	Контролёр БТК

Завершение операции

Рисунок 5 - Установка РВД

Сборка трактора (рисунок 6): содержит фиксированный перечень выполняемых операций на каждом участке при сборке трактора и данные об ответственном работнике.

Создание ЭКС

VIN 343499



Электронная карта сборки

Модель	VIN-номер	Заказ-наряд
Беларус 302.1	343499	3432241
Страна назначения	Дата	Фото
ЕАЭС	24 ноября 2023 г.	+ Изображение

Установка номерных узлов

Установка РВД

Сборка трактора

Сборка трактора уч.№1 ^

Проверка наличия знака сертификации на дизеле	Выполнил	☐
Проверка правильности регулировки отжимных рычагов	Выполнил	☐
Монтаж стартера	Выполнил	☐
Маркировка номера трактора	Выполнил	☐
Монтаж двигателя с полурамой на трансмиссию	Выполнил	☐
Сборка и монтаж карданного привода	Выполнил	☐
Монтаж компрессора кондиционера	Выполнил	☐
Монтаж нейтрализации SCR	Выполнил	☐
Монтаж управления ходоуменьшителя (гидроходоуменьшителя)	Выполнил	☐
Монтаж механизма задней навески, Монтаж силового гидроцилиндра ГНС	Выполнил	☐

Завершение операции

Рисунок 6 – Сборка трактора

Дефектное отделение (рисунок 7): при обнаружении не устраненных несоответствий ответственный мастер может принять решение о направлении трактора в дефектное отделение, где несоответствия, если это возможно, будут устранены.

Устранение в дефектном отделении

4.Мост передний

5.Кабина

6.Гидроусилитель рулевого управления

7.Вал карданный

8.Привод насосов

9.Редуктор ВОМ

10.Опора промежуточная

11.Шины

12.Батареи аккумуляторные

Номер узла

4123423

Исполнитель

Смоленский агрегатный завод

+ Создать

Выполнен

Устранение несоответствий в дефектном отделении КСТ

Содержание несоответствия	Подпись водителя испытателя участка №6 КСТ	Табельный номер	Проверил водитель испытатель БТК КСТ
Несоответствие 1	☒	1234-54	☒
Несоответствие 2	☒	5623-22	☒
	☐		☐

Завершение операции

Рисунок 7 – Дефектное отделение

Приемка трактора на трековую обкатку и стендовые испытания и данные об ответственном работнике, поиск несоответствий контролером.

Технологическая обкатка и испытания трактора (рисунок 8): проверка predetermined списка параметров и данные об ответственном работнике, поиск несоответствий контролером.

Создание ЭКС

VIN 343499 Технологическая обкатка и испытания трактора

Педали тормозов, сцепления, блокировки дифференциала и управления подачи топлива должны возвращаться в первоначальное положение при прекращении силового воздействия на них	Соответствует	☒	Подпись водителя-испытателя участка №7 КСТ	☐
Муфта сцепления должна обеспечивать полное отключение дизеля от трансмиссии прямой ход	Соответствует	☒	Подпись водителя-испытателя участка №7 КСТ	☐
Муфта сцепления должна обеспечивать полное отключение дизеля от трансмиссии реверсивный	Соответствует	☒	Подпись водителя-испытателя участка №7 КСТ	☐
Свободный ход педали муфты сцепления прямой ход	0.5		Подпись водителя-испытателя участка №7 КСТ	☐
Свободный ход педали муфты сцепления реверсивный ход	0.5		Подпись водителя-испытателя участка №7 КСТ	☐
Идентичность шин на передней и задней оси трактора	Соответствует	☒	Подпись водителя-испытателя участка №7 КСТ	☐
Обкатка трактора на треке время начала	Время начала обкатки	1:00	Подпись водителя-испытателя участка №7 КСТ	☐
Обкатка трактора на треке время окончания	Время окончания обкатки	6:30	Подпись водителя-испытателя участка №7 КСТ	☐
Отсутствие посторонних шумов и стуков дизеля	Соответствует	☒	Подпись водителя-испытателя участка №7 КСТ	☐
Отсутствие стуков и посторонних шумов в сборочных единицах и агрегатах трактора во время движения	Соответствует	☒	Подпись водителя-испытателя участка №7 КСТ	☐

-> Указания по дрп обкатке

Рисунок 8 – Технологическая обкатка

Приемо-сдаточные испытания (рисунок 9): проверка predetermined списка параметров и данные об ответственном работнике, поиск несоответствий контролером.

Создание ЭКС
VIN 343499

Электронная карта сборки | Модель: Беларусь 3021 | VIN-номер: 343499 | Заказ-номер: 3432241 | Страна назначения: ЕАЭС | Дата: 24 ноября 2023 г.

Вкладка

Мощность на БОМ заднего	82 Л/С	Соответствует ТУ	☒	Повторные ПСИ БПСИ ОТК	☐
Мощность на ТВОМ переднего	102 Л/С	Соответствует ТУ	☒	Повторные ПСИ БПСИ ОТК	☒
Модель дизеля	5-422-622	Соответствует ТУ	☒	Повторные ПСИ БПСИ ОТК	☒
Заправка смазочными материалами и жидкостями (в частности объём заправки)		Соответствует ТУ	☒	Повторные ПСИ БПСИ ОТК	☒
Герметичность системы питания дизеля с электронным управлением		Соответствует ТУ	☒	Повторные ПСИ БПСИ ОТК	☒
Отсутствие неисправностей в электронной системе управления двигателем		Соответствует ТУ	☐	Повторные ПСИ БПСИ ОТК	☒

Обнаруженные несоответствия при тех. обкатке и испытаниях трактора

Код обнаруженного несоответствия	Содержание несоответствия (требующий замены детали)	Подпись водителя испытателя БПСИ ОТК	Дополнительную обкатку выполнять по пунктам	Дополнительную технологическую обкатку выполнил	Подпись водителя испытателя уч. №7 КСТ
1	Несоответствие 1	☒		☒	☒
18	Несоответствие 2	☒		☒	☒
4	Несоответствие 3	☒		☒	☒
11	Несоответствие 4	☒		☒	☒
15	Несоответствие 5	☒		☒	☒

→ Выход

Рисунок 9 – Приемо-сдаточные испытания

Консервация трактора: выполнение predetermined перечня операций и данные об ответственном работнике, поиск несоответствий контролером.

Цех окраски и отделки трактора: выполнение predetermined перечня операций и данные об ответственном работнике, поиск несоответствий контролером.

Справочная система: справка по существующим ЭКС с заданным VIN номером трактора, перечень ЭКС, созданных в заданном диапазоне дат.

Проект охватывает всех работников конвейера сборки тракторов малой и средней мощности. Ролевая модель включает все должности на каждом участке:

слесари механосборочных работ (далее МСР),
слесари МСР конвейера сборки трактора (далее КСТ),
слесари МСР участков №1-3 КСТ,
мастера участков №1-3 КСТ,
контролеры БТК КСТ участка №1-3,
водитель-испытатель КСТ участка №4,
мастер участка №4 КСТ,
водитель-испытатель БТК КСТ,
мастер дефектного отделения участка №4,
приемщик участка №7,
водитель-испытатель участка №7 КСТ,
водитель-испытатель бюро приемо-сдаточных испытаний отдела технического контроля (далее - БПСИ ОТК),
мастер участка №7,
контрольный мастер БПСИ ОТК,
слесари МСР (маляры) цеха окраски и отделки трактора (далее ЦО и ОТ),
контролер БТК ЦО и ОТ,
мастер ЦО и ОТ,
инициатор дополнительной работы/ проверки,
исполнитель дополнительной работы/ проверки.

Идентификация пользователя происходит через считывание QR-кода на бейдже работника, в QR-коде содержится информация о правах доступа в зависимости от цеха/участка. Задачи на выполнение работ приходят в личный кабинет пользователя после авторизации (рисунок 10). Рабочий экран минималистичный и интуитивно понятный.

Название / Тип	Срывать до	Автор	Дата создания	Приоритет
VIN 343499 Создание ЭКС		Слесарь уч. №1 таб. 8439	13 февраля 2024 г., 12:37	Низкий
VIN 111223 Создание ЭКС		Слесарь уч. №1 таб. 8439	16 января 2024 г., 15:43	Низкий
VIN 4934/056842451 Создание ЭКС		Слесарь уч. №1 таб. 8439	28 декабря 2023 г., 16:42	Низкий
VIN 4934/056842451 Создание ЭКС		Слесарь уч. №1 таб. 8439	30 ноября 2023 г., 15:39	Низкий
Установка номерных деталей Создание ЭКС		Слесарь уч. №1 таб. 8439	11 ноября 2023 г., 11:52	Низкий

Рисунок 10 – Рабочий экран пользователя

После авторизации пользователь подписывает выполнение своих операций проставлением чек-бокса в интерфейсе решения с автоматическим проставлением электронной цифровой подписи (далее – ЭЦП).

Для взаимозаменяемых работников одного участка используется конкурентный подход к выполнению задач, т.е. кто свободен, тот берет задачу в работу.

В отношении клиентов проект в первую очередь выгоден тем, кто находится на гарантийной и постгарантийной поддержке, данное решение позволяет оперативно ответить на запросы клиента и, соответственно, повышает скорость принятия решения по сервисному случаю и уровень удовлетворенности клиента.

Основная интеграция была произведена с действующей ERP-системой МТЗ, КИС «Omega production». Наше решение получает несколько справочников для взаимодействия между системами (см. рисунок 2) и направляет запрос по наличию дорогостоящих агрегатов из ограниченного перечня. В случае отсутствия необходимого агрегата автоматически генерируется сообщение на заданный мессенджер мастеру с указанием VIN-номера трактора, № позиции ЭКС, наименования и номера агрегата, которых нет на учете в сборочном цехе. Мастер должен принять решение по этой проблеме.

Внедрение проекта потребовало также затрат на закупку дополнительного оборудования в виде терминалов считывания данных (далее ТСД) и промышленных планшетов. Рабочий на каждой позиции конвейера, на которой выполняется установка номерных агрегатов или выполнение операций, использует ТСД, который обеспечивает сканирование и расшифровку штрих-кодов и QR-кодов, а также занесение данных в активное поле ЭКС. Контролеры БТК и водители-испытатели пользуются промышленными планшетами.

Инновационность

Наш проект позволил перенести сопровождение технологического процесса сборки на конвейере с помощью low-code платформы в цифровой вид. Быстрый электронный доступ к цифровым документам, создаваемым при сборке трактора, привел к качественно новому подходу в работе с клиентами на этапе гарантийной и постгарантийной поддержки (обслуживания).

С учетом сложности автоматизированных процессов, количества вовлекаемых специалистов и размера сборочной линии проект является уникальным на территории Республики Беларусь.

При внедрении проекта использовали принципы методологии совершенствования процессов Бережливое производство, методологию управления качеством на основе стандартов ISO9000 и гибридную методологию управления проектами, т.е. подробное планирование в сочетании с высокой адаптивностью. Проект проводился циклами, но сами они имеют достаточно четкую каскадную структуру и сроки.

Руководству МТЗ было озвучено предложение впоследствии трансформировать эту задачу через внедрение системы распознавания лиц. ID-авторизация по карточкам пропусков дополняется технологией face-id (сканер объёмно-пространственной формы лица человека). Технология позволит при входе в систему Elma 365 авторизовать работника и сопоставить факт его прохождения через пункт пропуска.

На отдельных постах конвейера реализована технология Заполнение спецификации ЭКС в автоматическом режиме путем распознавания серийных номеров деталей/ сборочных единиц с помощью технологии OCR (англ. Optical character recognition, оптическое распознавание). При считывании серийного номера заполняется не только соответствующее поле, но и связанные с этой деталью/ сборочной единицей дополнительные атрибуты.

Сложности

При внедрении проекта ожидаемо столкнулись с сопротивлением персонала по внедрению ЭКС. Рабочий персонал МТЗ составляет в большинстве людей среднего возраста консервативного склада ума, сотрудники рабочих специальностей чаще имеют среднее специальное образование. Потребовалось проведение нескольких обучений с демонстрациями преимуществ и возможностей при переходе на электронный вариант карты сборки.

Благодаря поддержке руководства, в том числе методами материального премирования работников, которые тестировали новую схему работы и первыми полностью перешли на цифровое сопровождение процесса сборки тракторов на конвейере, проект был внедрен вовремя.

Также вызвало сложности построение ролевой модели. Изначально планировалось сделать роли максимально универсальными и ограничиться 4-5 значениями. На этапе разработки решения стала очевидной нецелесообразность этого подхода. Было принято решение о выделении ролей по должностям/участкам/цехам, что привело к значительному разветвлению ролевой модели, однако впоследствии это решение показало свою эффективность.

При внедрении BPM особое внимание советуем уделить проработке требований со всеми заинтересованными лицами, заручиться поддержкой спонсора проекта и резервировать на каждом этапе необходимые ресурсы, чтобы максимально соответствовать заранее согласованным срокам проекта.

Результаты

- Использование ЭКС позволило отказаться от карты сборки трактора на бумажном носителе и кардинально повысить скорость получения информации из карты сборки, в том числе в рамках осуществления гарантийных обязательств, с 2,3 дня до 2 часов.
- Оцифрованы технологические процессы, по каждому определены исполнители, рабочие обучены новой практике заполнения карты сборки и мотивированы к применению новой технологии.
- Внутренние опросы показали повышение уровня удовлетворенности работников условиями и результатами труда на 19% за счет отказа от ручного заполнения карты сборки.
- После внедрения ЭКС сервисная служба завода отметила:
 - сокращение производственного брака, связанного со сборочными операциями установки деталей/сборочных единиц на 27% за счет визуализации последовательности операций и факта их выполнения, а также прозрачности процесса сборки;
 - последовательное повышение уровня ответственности и дисциплинированности ответственных работников на 41%.
- Главным результатом считаем достижение основных целей проекта:
 - увеличение уровня удовлетворенности клиентов МТЗ в рамках гарантийного и постгарантийного сервисного обслуживания на 30%;
 - кратное сокращение сроков рассмотрения заявок дилерских центров по сервисному обслуживанию эксплуатируемой клиентами техники.
- Пользователи отмечают закономерное улучшение читаемости внесенных в карту сборки данных по сравнению с бумажной версией и снижение количества ошибок при введении информации об устанавливаемых узлах/ деталях на 46%.

Проект получил развитие в направлении интеллектуального считывания буквенно-цифровых надписей (номеров деталей), нанесенных штамповкой, что еще больше увеличит скорость внесения информации в ЭКС и снизит уровень ошибок при ручном введении данных.

Информационные технологии

Решение является микросервисным и было подготовлено с помощью low-code платформы Elma 365 для автоматизации внутренних бизнес-процессов (рисунок 11). Интеграция с существующей ERP-системой предприятия осуществили с помощью API.

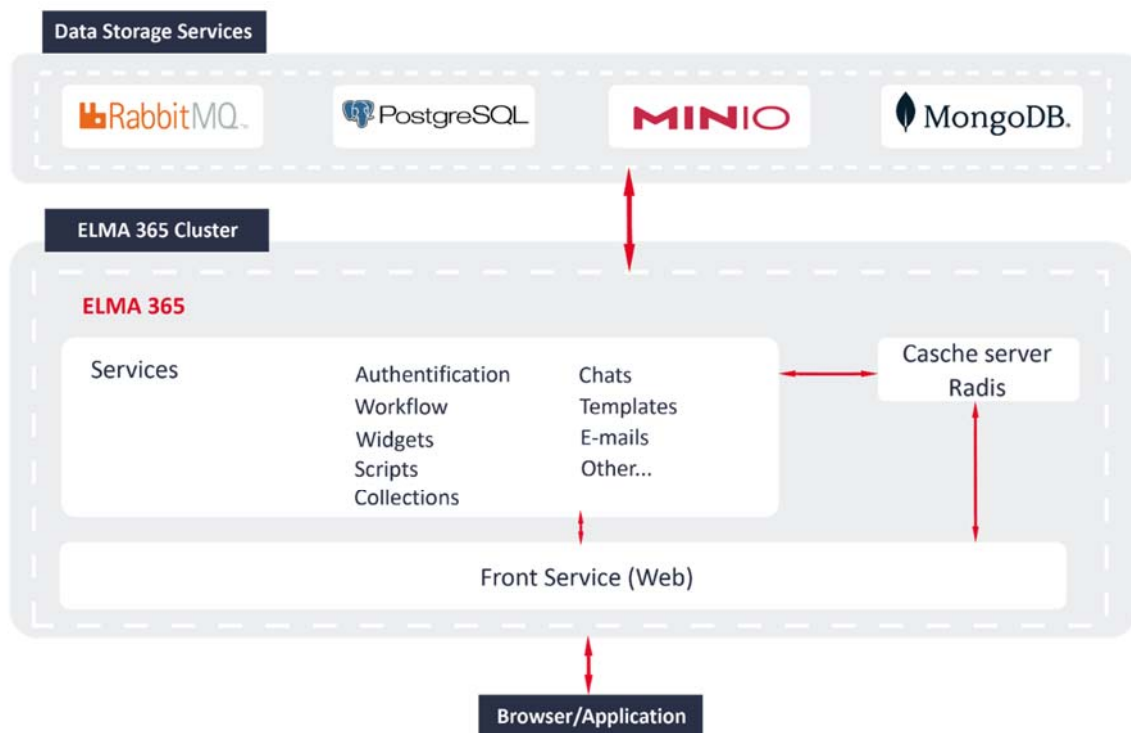


Рисунок 11 – Архитектура решения

Используемые технологии:

- **Технологии:** Golang, NodeJS, Angular
- **СУБД:** PostgreSQL, MongoDB
- **Шина обмена данных:** RabbitMQ
- **Кэширование данных:** Redis
- **Контейнеризация:** Docker
- **Оркестратор:** Kubernetes

Для хранения файлов используется объектное хранилище данных на базе S3 протокола.

▪ **Внешняя безопасность** обеспечивается механизмом аутентификации пользователя решения токеном JWT и гибкой настройкой системы привилегий внутри решения.

▪ **Внутренняя безопасность** обеспечивается стандартными средствами безопасности используемых баз данных.

- Пароли и токены доступа хранятся в защищенном хранилище секретов Kubernetes.