

# Как в Липецке ВМ добывают.

## Современные технологии проектирования

### АО «НЛМК-Инжиниринг»

АО НЛМК-ИНЖИНИРИНГ

Гудков Александр

# О нас



НЛМК-Инжиниринг - генеральный проектировщик Группы НЛМК. Проектная организация была создана в Липецке в 1960 году. Компания включена в перечень 100 крупнейших российских компаний, занимающихся деятельностью в области архитектуры, инженерно-технического проектирования, промышленности и строительства.



Группа НЛМК – лидирующий международный производитель высококачественной стальной продукции с вертикально-интегрированной моделью бизнеса. Добыча сырья и производство стали сосредоточены в низкзатратных регионах, изготовление готовой продукции осуществляется в непосредственной близости от основных потребителей в России, Северной Америке и странах ЕС.

# Историческая справка

В 2015 году мы начали внедрение технологий информационного моделирования.

В качестве «пилотного» проекта был выбран проект по реконструкции турбогенератора №5. Было разработано около 120 комплектов документации.

После пилотного проекта было принято решение тиражировать технологию на все крупные проекты новой инвестиционной программы Группы НЛМК, которая продлится до 2022 года.

За последующие 5 лет мы используем BIM технологии на всех ключевых проектах – это помогает нам добиться качества, недостижимого обычными средствами проектирования и позволяет избежать многих ошибок еще до начала строительства, экономя таким образом время и деньги заказчика.

## Что если не BIM...

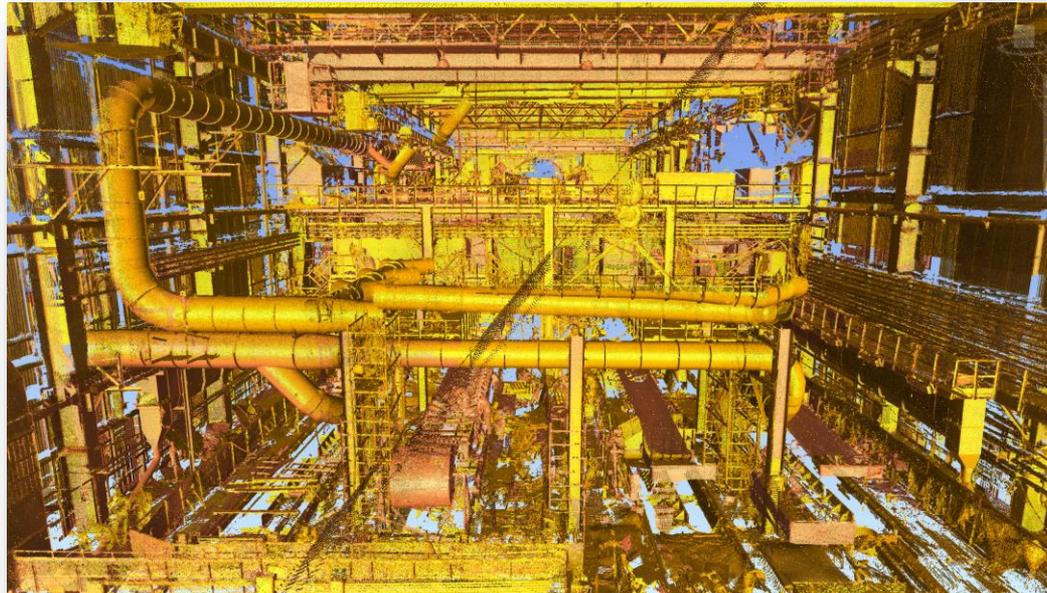
- Какие задачи можно решить наиболее эффективным способом с помощью BIM технологий
- Как решить нетипичную задачу с помощью BIM
- Как расширить применение BIM технологий за контуром проектирования.

# Неактуальное заключение по результатам обследования и архивных чертежей существующих конструкций



## Цели и задачи:

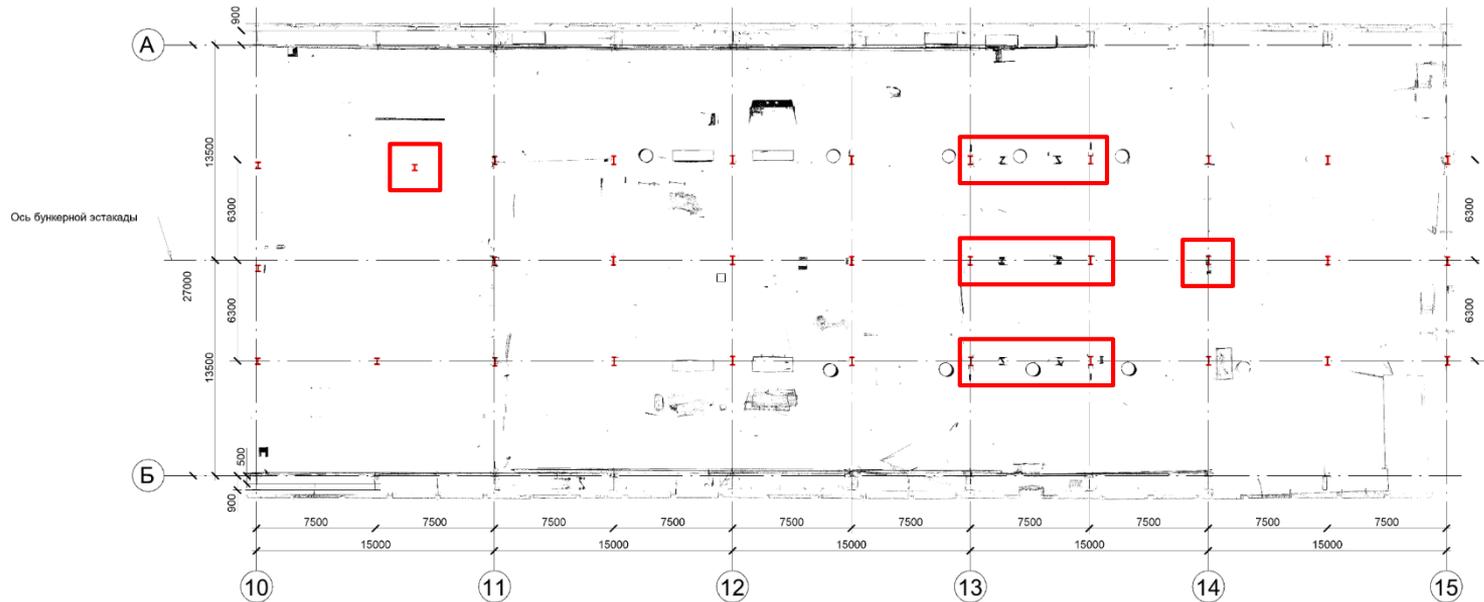
1. Показать на примерах необходимость использования не только архивных чертежей, а также данных лазерного сканирования (облаков точек) при разработке заключения обследования технического состояния строительных конструкций;
2. Внедрить в отдел обследования методику анализа чертежей совместно с облаком точек;
3. Сократить риск появления ошибок в будущем и повысить качество выпускаемой документации.



# Найдены неактуальные данные для проектирования

При проведении анализа съемки лазерного 3D-сканирования и 2D-чертежей ОСК видно, что стойки фахверка смещены относительно оси бункерной эстакады (отмечено красным).

**Чертежи обследования данную информацию не отображают.**



# Отклонения от чертежей существующих конструкций

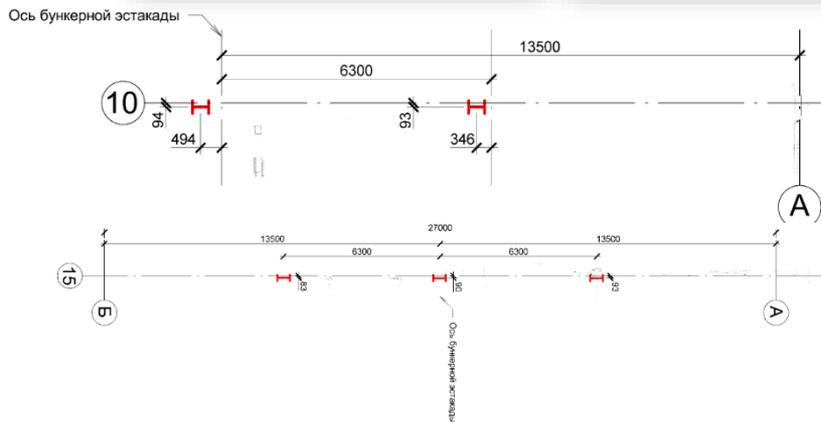
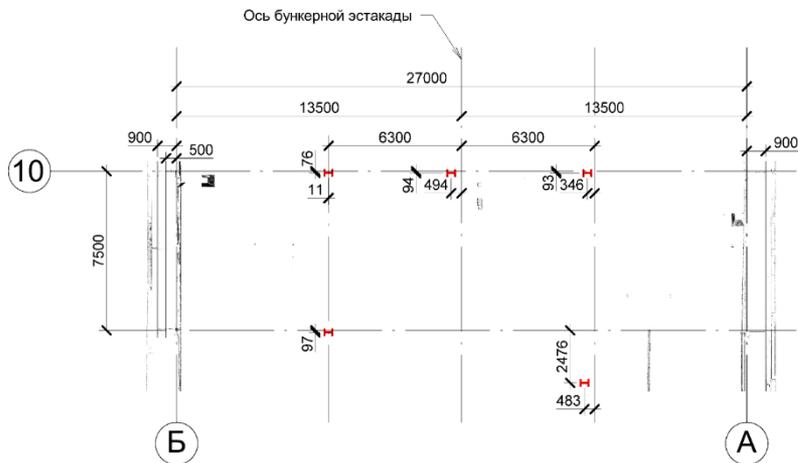
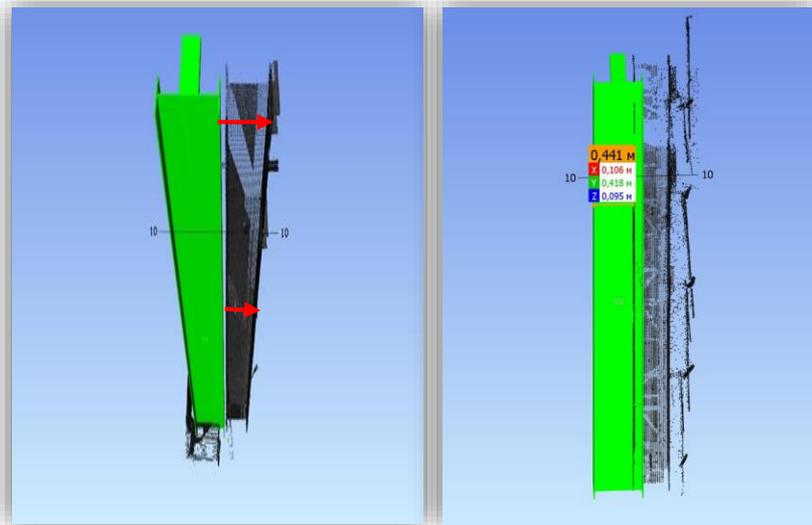
**Факт:** Монтаж аспирационной системы бункерной эстакады осуществлялся подрядной организацией с отклонением от проекта, в связи с недостоверной информацией о расположении стоек фахверка.

На изображениях справа – стойки фахверка (зеленого цвета) замоделированы по чертежам обследования и данным архивных чертежей существующих конструкций.

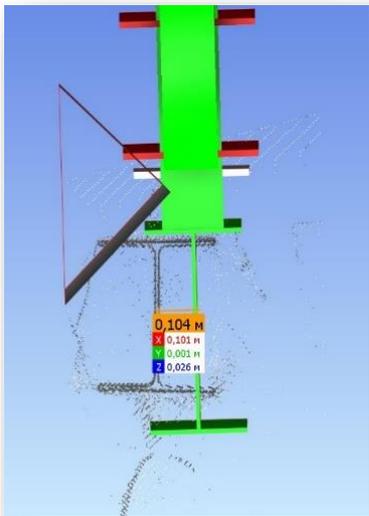
Облако точек (черного цвета) не совпадает с расположением мет. конструкций по чертежам ОСК.

Также ниже приведены примеры отклонений стоек от основных осей здания.

**Отклонение составляет в среднем 400 мм.**

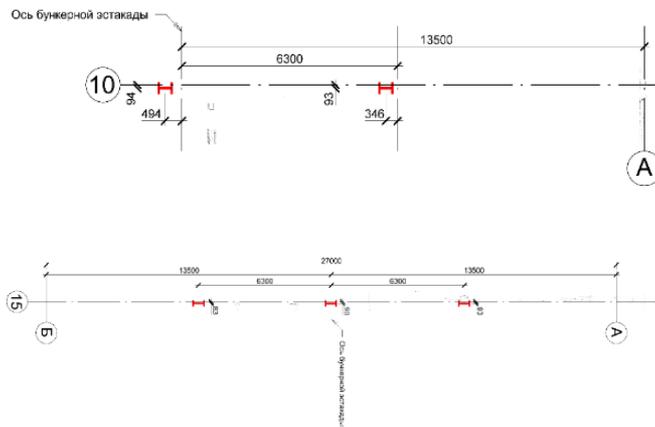


# Описание сложившейся проблемы с компанией подрядчиком

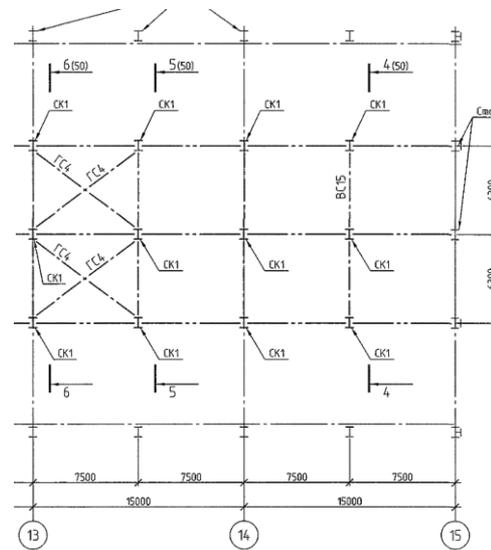


Подрядчик построил 3D-модель существующих колонн по архивным чертежам, а затем скорректировал расположение колонн по данным обследования.

На рисунке выше зеленым цветом обозначены существующие конструкции, построенные по чертежам, а серым – их фактическое расположение.



Стойки фахверка расположенные на 10 оси, отклонились от оси конвейера на 400-450 мм. На других осях отклонение составляет 10-60мм согласно данным облака точек, полученного в результате лазерного сканирования.

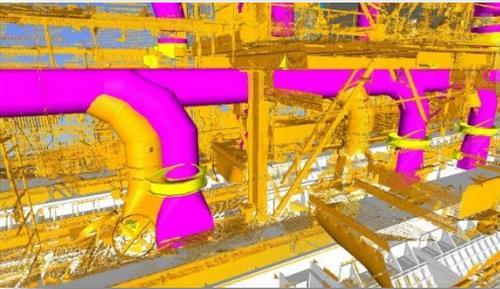


Согласно архивным чертежам и обследованию все стойки фахверка на отм. +31.900 **расположены на оси бункерной эстакады, а так же на пересечении с цифровыми осями.**

# Решение проблемы – отклониться от проекта и быстро выпустить изменение

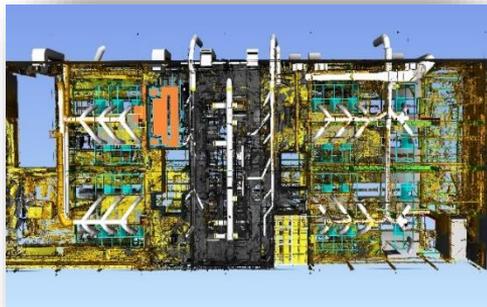
## Следствия:

Отклонения от первоначального проекта подрядчика повлекли за собой изменения в ряде других проектов, включая проект площадок для обслуживания клапанов аспирационной системы, выполняемый подрядчиками.



## Решение:

Произведена съёмка бункерной эстакады лазерным сканером, полученное облако точек, а также подоснова актуальной ситуации на площадке в формате DWG передано компании подрядчика для анализа.



## Результат:

Используя уже **актуальные данные**, было выдано задание НИ на изменение проекта площадок для обслуживания клапанов аспирационной системы.

Также компания подрядчик выпустила в свою очередь изменения проекта аспирационной системы.

Полученные модели проектов были проверены на коллизии, согласованы и выданы Заказчику для монтажа.

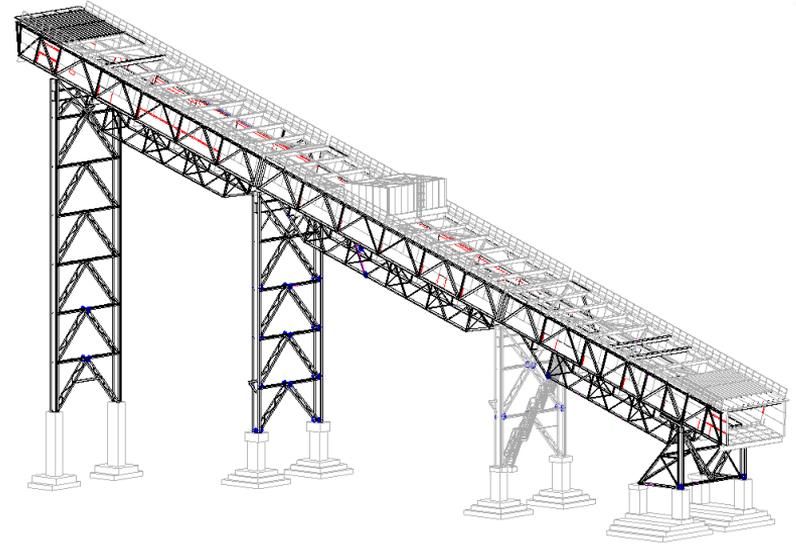


# Выводы:

1. Заключение по результатам обследования и архивных чертежей имеют значительные отклонения от фактической ситуации на объекте;
2. Использование инструмента 3D-моделирования без данных лазерного 3D-сканирования не позволит избежать коллизий при монтаже, а как следствие – срыва сроков строительства.
3. Для качественного проектирования необходимо использовать данные облаков точек, которые отображают фактическую ситуацию на площадке строительства. Руководствоваться только данными архивных чертежей существующих конструкций – не верно.



Применение технологий информационного моделирования для задач обследования заданий и сооружений.



## **Цели и задачи:**

1. Создание 3D-модели галереи по результатам обследования (с учетом фактического расположения конструкций);
2. Визуальное отображение дефектов и повреждений строительных конструкций на сформированной 3D-модели;
3. Визуальное отображение технического состояния конструкций объекта по результатам обследования;
4. Визуальное отображение результатов поверочных расчетов конструкций;
5. Создание визуализированной информационной модели объекта по результатам обследования;
6. Возможность использования сформированной по результатам обследования информационной 3D-модели для последующего проектирования, эксплуатации, периодического обследования.

# Работу по созданию информационной 3D-модели можно разделить на основные этапы:

1. Подготовительные работы
2. Обследование строительных конструкций
3. 3D сканирование
4. Камеральная обработка

Работы по обследованию Зданий и сооружений

5. Построение 3D модели

Работы по созданию 3D информационной модели

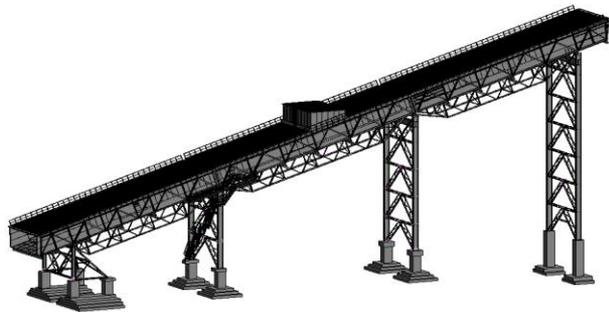
6. Нанесение данных по обследованию Строительных конструкций на 3D модель

**Работа с информационной моделью проводилась в режиме одновременной совместной работы на Revit Server специалистами нескольких отделов**

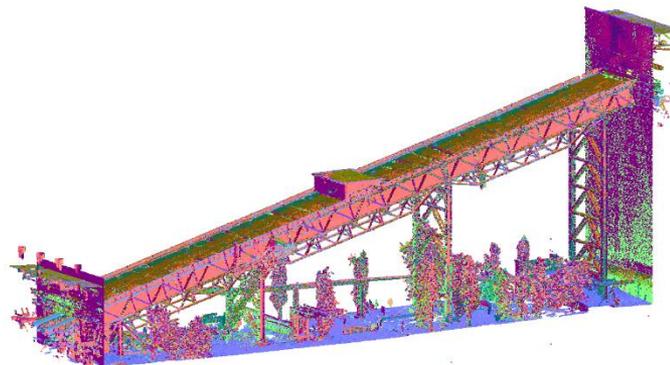
# Построение информационной 3D-модели



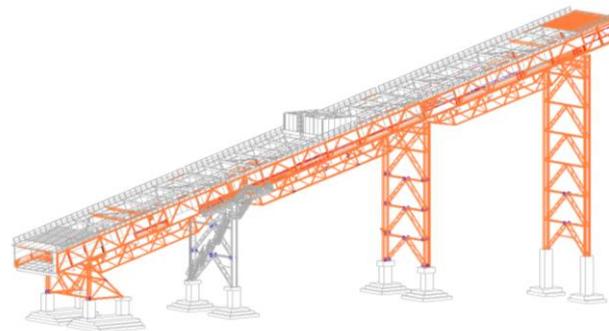
Выполнение работ по обследованию строительных конструкций непосредственно на объекте



Создание 3D-модели сооружения



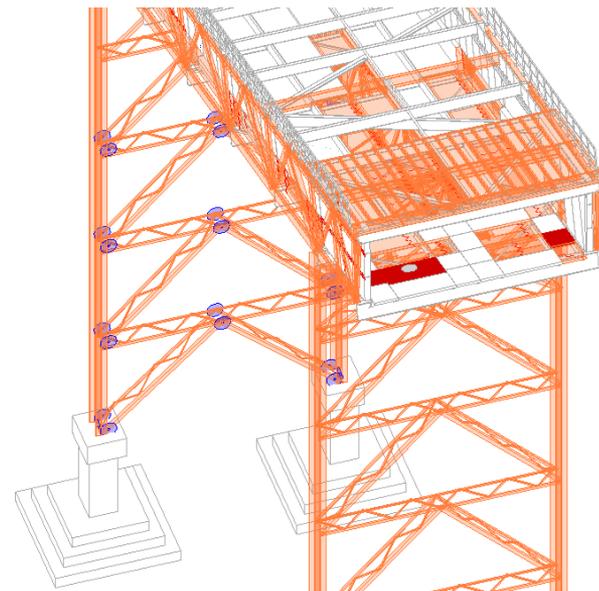
Выполнение работ по лазерному сканированию. Модель ReCap.



Создание информационной 3D-модели в Revit по результатам обследования

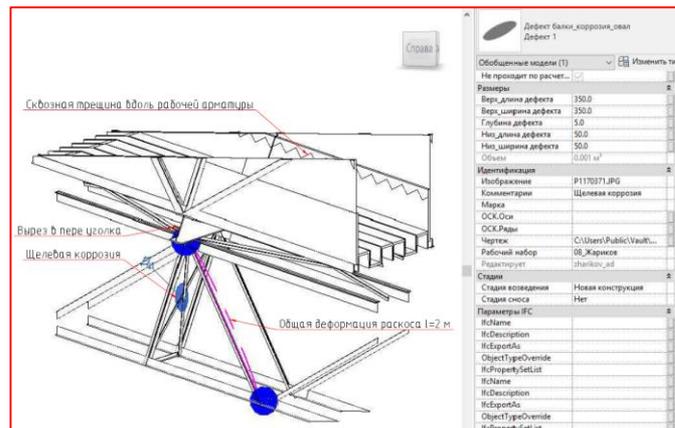
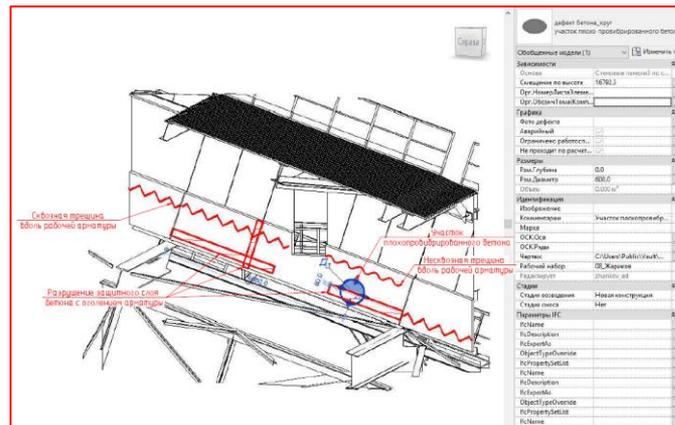
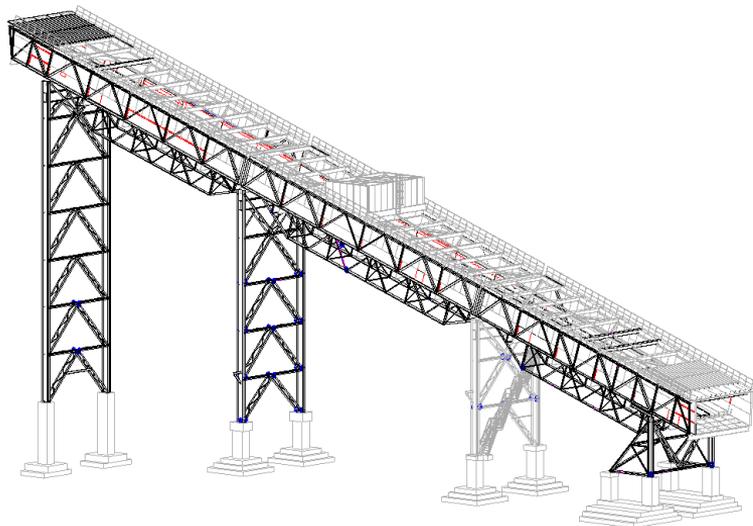
# Категория технического состояния конструкций

В 3D-модель внесена информация по техническому состоянию каждого элемента конструкции



-  - работоспособные конструкции
-  - ограниченно работоспособные конструкции
-  - аварийные конструкции

# Информация о дефектах

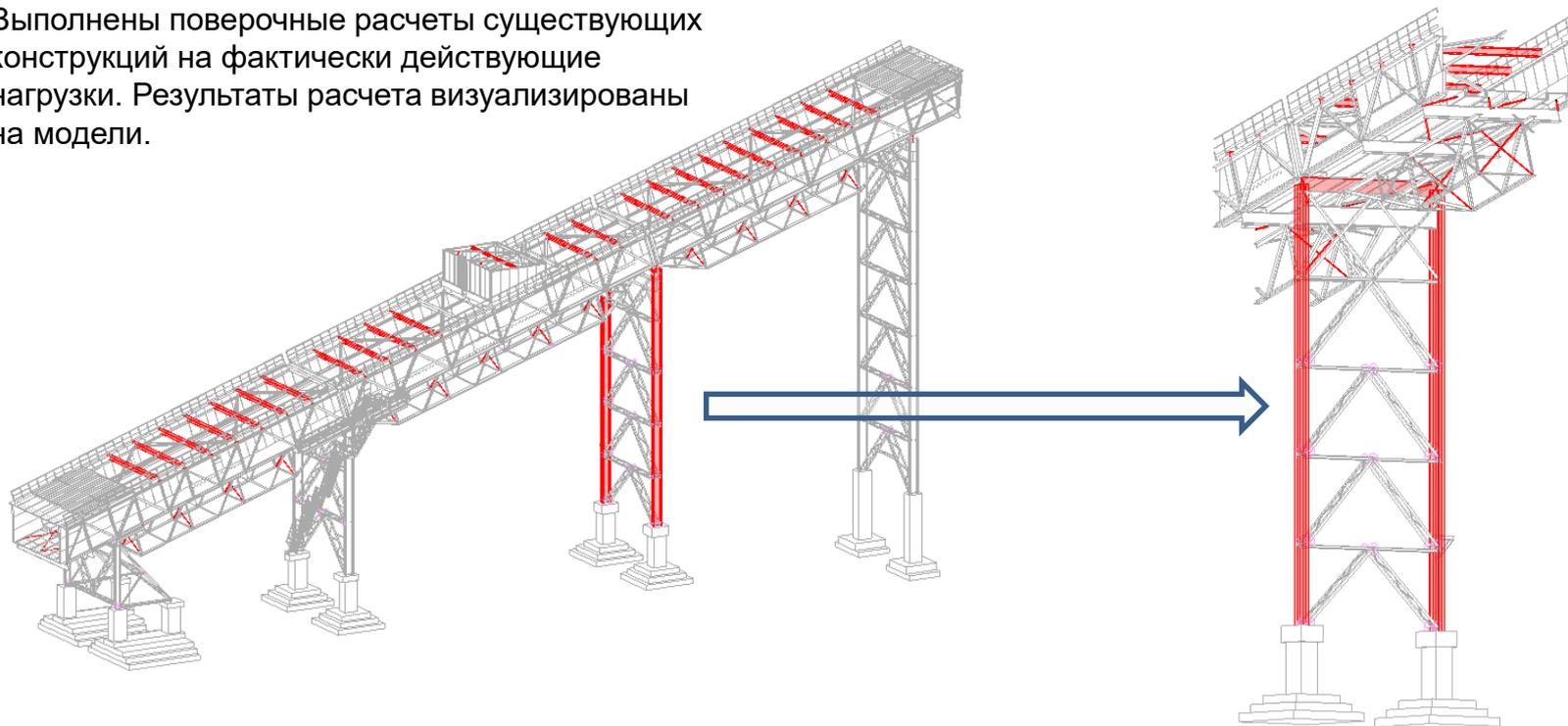


В 3D-модель внесена информация по выявленным дефектам и повреждениям по каждому элементу конструкции



# Результаты поверочного расчета

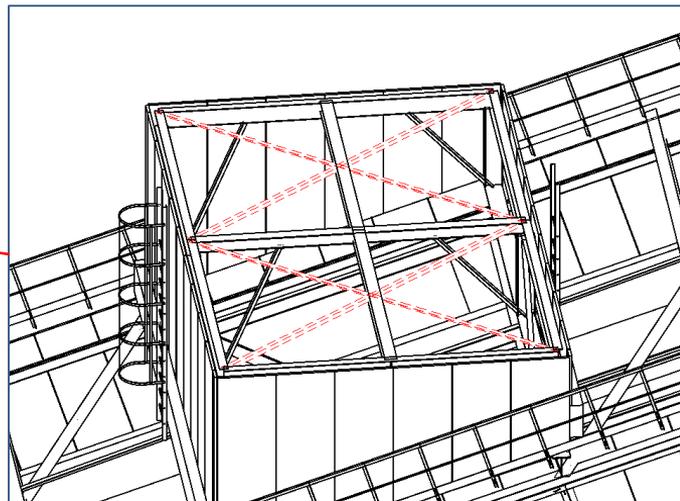
Выполнены поверочные расчеты существующих конструкций на фактически действующие нагрузки. Результаты расчета визуализированы на модели.



 - недостаточная несущая способность конструкций

# Визуализация отсутствующих конструкций

В результате обследования выявлены отсутствующие конструкции, предусмотренные проектом



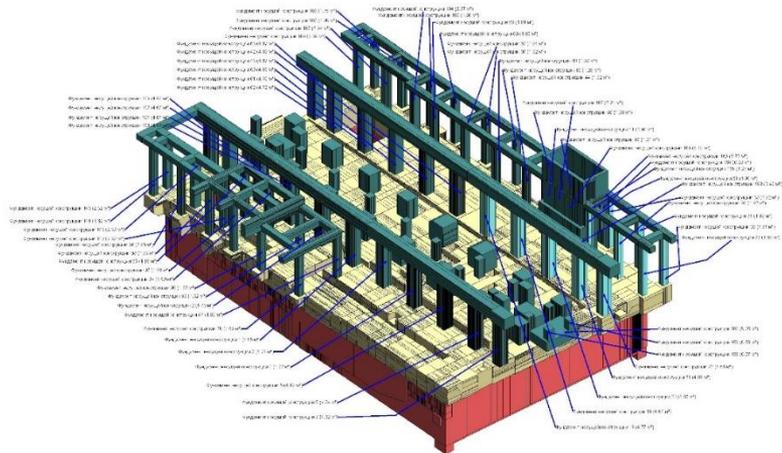
--- - предусмотренная проектом конструкция - **отсутствует**

# Выводы и результаты выполненных работ:

1. Создан цифровой двойник сооружения с занесенными дефектами обследования;
2. Работа выполнена в формате: Один объект – один файл;
3. Файл хранится на Revit Server + в PDM-системе Autodesk Vault;
4. Одновременно с файлом может продолжать работать нескольких специалистов различных отделов;
5. Файл доступен для дальнейшего использования модели при проектировании, эксплуатации, повторном обследовании;
6. Модель выгружена на сервис для передачи Заказчику и возможности просмотра 3D-модели без установки специализированного ПО.



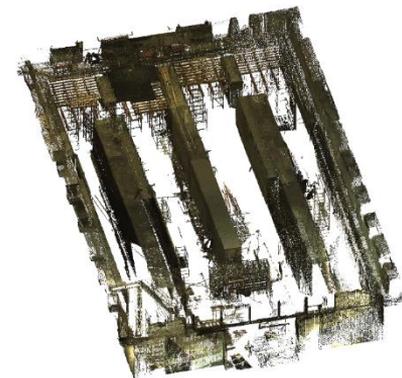
# Контроль физических объемов заливки фундаментов с применением наземного лазерного сканирования



# Контекст обсуждения

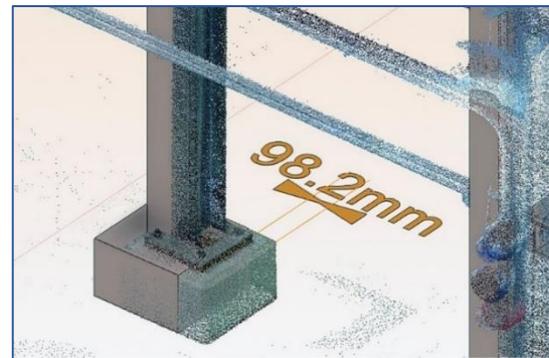
- 07.2018 • Решение о тестировании технологии наземного лазерного сканирования на объекте «Техническое перевооружение нагревательной печи»
- 07.2018 • Специалистами НЛМК-Инжиниринг произведено сканирование объекта после демонтажа конструкций и оборудования. По результатам съемки создана 3Д модель.
- 09.2018 • Произведено сканирование вновь возведённых фундаментов :
  - 03.2019
    - фундамента на отметке -14.830;
    - плиты фундамента на отметке -8.000;
    - несущих колонн на отметке -8.000, банкетных частей плиты и лестничной клетки;
- 06.2019-07.2019 • Произведено сканирование воздуховода круглого сечения диаметром 1600 мм от приточной вент. станции для подачи охлажденного воздуха в подпечное пространство;

По результатам съемки создана 3Д модель и сформирован отчет о полученных объемах фундаментов. Отчет передан заказчику.



# Функциональные возможности применяемой технологии

Термин	Функциональные возможности системы
Контроль физ. объемов СМР	<ul style="list-style-type: none"><li>• Отображение объемов реально смонтированных конструкций фундаментов с максимальной точностью в модели.</li></ul>
Контроль качества СМР	<ul style="list-style-type: none"><li>• Контроль соответствия возводимых конструкций фундаментов и проектной документации (наложение 3D модели, полученной в результате лазерного сканирования на проектную 3D модель).</li><li>• Возможность корректировки проектной документации</li></ul>

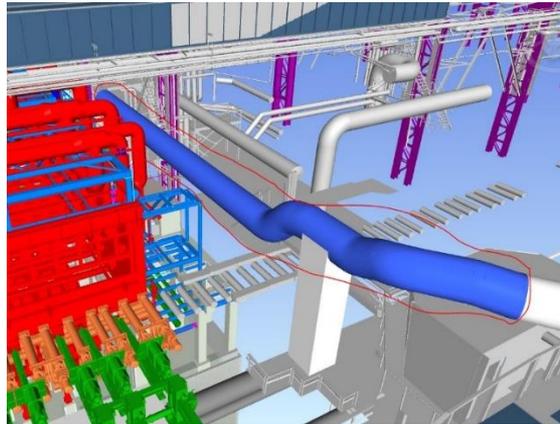


# Концепция проекта

## Цель проекта:

Апробирование технологии наземного лазерного сканирования для контроля фактических объёмов выполненных работ.

Перечень контролируемых объектов:



1. Трёхуровневый монолитный фундамент размером 58\*17\*18 м (фундамент на отм. -14.830; монолитная плита на отм.-8.000; железобетонная эстакада на отм. -2.200)

2. Воздуховод круглого сечения диаметром 1600 мм от приточной вент. станции для подачи охлажденного воздуха в подпечное пространство

- Параллельно с лазерным сканированием проводились ручные измерения (с помощью лазерной рулетки) фактических объёмов выполненных работ

# Оценка эффективности применения технологии

№	Показатель	Объём по сметам, м <sup>3</sup>	Объём по 3D модели, м <sup>3</sup>	Объём ручным способом*, м <sup>3</sup>	Комментарий
1	Фундамент на отм.-14.830 с частичным демонтажем старого	1110	1067	1021**	Разница между сметами и моделью 43 м <sup>3</sup>
2	Монолитная плита на отм. -8.000 (без банкетных частей)	1849	1844	1850	Разница между сметами и моделью 5 м <sup>3</sup>
3	Железобетонная эстакада на отметке -2.200 (с банкетными частями монолитной плиты)	483	496	520**	Разница между сметами и моделью -13 м <sup>3</sup>
	ИТОГО	<b>3442</b>	<b>3407</b>		Разница между сметами и моделью 35 м <sup>3</sup>
4	Воздуховод центрального узла НП диаметром 1600 мм	207	211		

\* - измерения проводились с применением лазерной рулетки, \*\* - высокая погрешность измерения криволинейных поверхностей и конструкций, недоступных для измерений вручную

## Сравнительные характеристики при подсчете объёмов

№	Показатель	3D (съёмка + обработка)	Ручное измерение и подсчет
1	Время, затраченное на подсчёт/обработку результатов (сложный фундамент - 1000 м3), час	36	32... (зависит от условий измерений)
2	Точность измерений, %	1	10... (зависит от условий измерений)
3	Возможность использования измерений для расчета произвольного объёма.	Да (интеграция с BIM-приложениями)	С ограничениями (простая форма объекта измерений)

### Точность измерений при 3D сканировании

Облако точек, получаемое после 3D-сканирования учитывает все неровности поверхности, которые отображаются в виде «шума» в облаке точек. В процессе построения 3d-модели, инженер аппроксимирует отклонения, разбивая модель на небольшие участки и очерчивая ее габариты по средней линии в облаке точек.

Автоматические средства измерения позволяют проводить эту линию достаточно точно ( $\pm 1$  мм). Соответственно, погрешность измерения габаритных размеров не превышает 2 мм. При ширине колонны 600 мм это отклонение составит около 0,3%. Исходя из этого можно сделать вывод, что погрешность объёмного измерения не превышает 1%.

### Точность при ручном измерении

При ручном измерении в труднодоступных местах погрешность измерений не постоянна и зависит от формы объекта, расстояния до объекта и т.д., минимальная погрешность в среднем составляет 10 %.

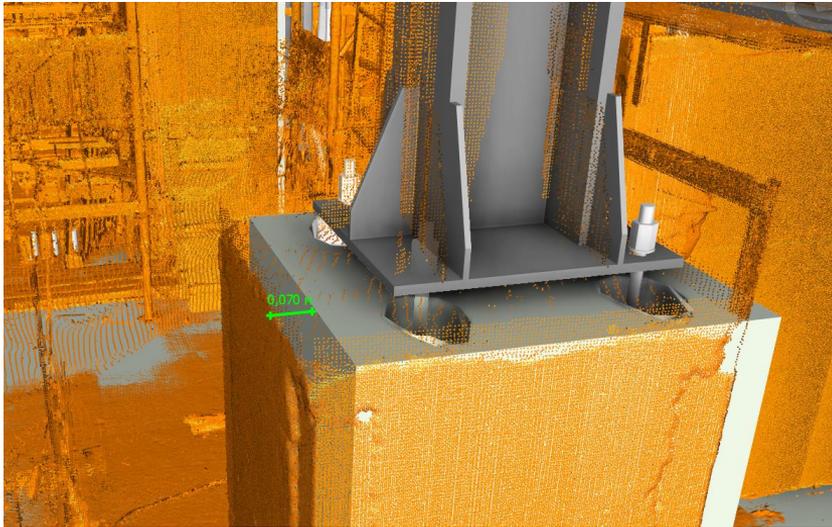
# Оценка эффективности применения технологии.

## Выявление отклонений от проектных решений.

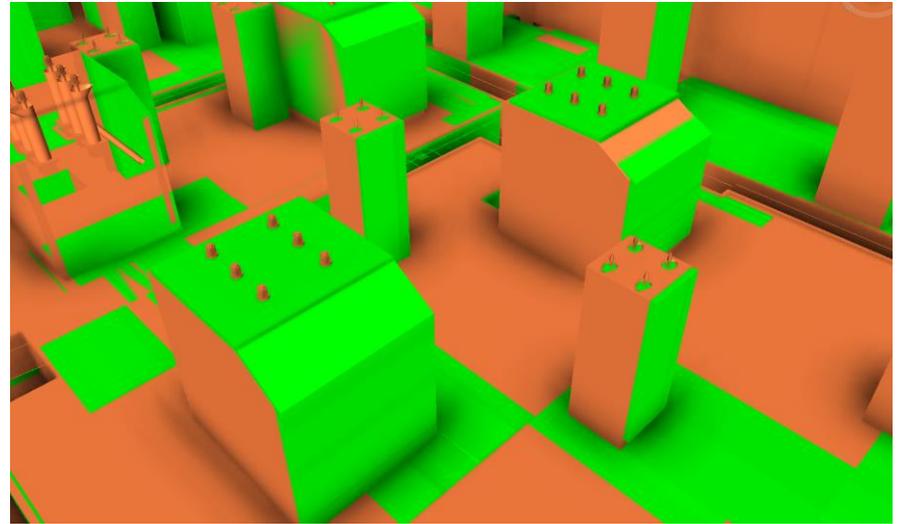
Помимо определения физических объёмов по выполненным работам, технология позволяет выявить отклонения фактически смонтированных элементов конструкций и оборудования от их проектного положения. Это позволит:

- Сократить потери времени при производстве СМР за счет выявления коллизий, которые могут возникнуть из-за отклонений от проекта;
- Повысить точность исполнительной документации;
- Получать дополнительную информацию об объекте в виде исполнительной трёхмерной модели (As Built Model).

## Сравнение проектной модели с облаком точек СМР



## Сравнение проектной модели с фактической (полученной по результатам обработки облака точек)



# Ключевые показатели эффективности.

## Технические и финансовые показатели

№	Показатель	Комментарий
1	Снижение сроков проведения измерения объемов	Подтверждено частично, см. слайд 25
2	Повышение точности подсчёта объёмов	Подтверждено, см. слайд 25
3	Снижение сметной стоимости	Подтверждено частично, см. слайд 25

## Качественные показатели

№	Показатель	Факт 1я оценка	Комментарий
1	Снижение человеческого фактора при измерении и подсчёте физических объемов	Подтверждено частично	+ подтверждено в части проведения съёмок - частично подтверждено в части обработки результатов
2	Повышение качества строительных работ за счёт снижения проектных несоответствий	Подтверждено	-был выявлен сдвиг печи на 80 мм и произведена проверка на коллизии

# Выводы

Итоговые результаты:

1. Применение технологии позволило выявить расхождения между проектным положением конструкций печи и фактическим (сдвиг печи 80 мм, см. слайд 25).
2. Выявлены расхождения между сметными и фактическими объёмом выполненных работ, рассчитанным с помощью данной технологии (см. слайд 23).
3. При возведении конструкций прямолинейных форм трудозатраты на создание 3D-модели и подсчет объемов сопоставимы с классическими методами. При этом были выявлены погрешности созданной 3D-модели, требующие корректировки вручную.
4. Можно рекомендовать применение метода лазерного сканирования при возведении конструкций сложных или криволинейных форм, а также объектов, точное измерение которых с помощью классического метода затруднено. Это позволит рассчитать объём с большей точностью, чем при классическом измерении (см. слайд 25).

Предлагаемые решения:

1. Технологию рекомендовать к применению на объектах ПАО «НЛМК», включающих СМР по возведению больших объёмов пространственно сложных фундаментов/конструкций. Определить возможность синхронизации промежуточных 3D моделей с проектной моделью

# Будущее

В 2021 год наша компания включает в себя еще 3 обособленных подразделения в таких городах как Екатеринбург, Белгород и Старый Оскол куда мы транслируем весь наш опыт применения BIM технологий.

# Визитная карточка

Гудков Александр Николаевич

Начальник отдела

Управление развития

E-mail: [gudkov\\_an@nlmk.com](mailto:gudkov_an@nlmk.com)

Тел.: (4742) 51-70-79

Моб.:

Блог:

Skype: