

Научная статья
УДК 658.583

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА

**Михаил Алексеевич Кузнецов¹, Алина Сергеевна Чечулина²,
Сергей Николаевич Исаков³**

^{1, 2, 3} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ reasons13why@yandex.ru

² lina.2000.ac@yandex.ru

³ isakovsn@m.usfeu.ru

Аннотация. Предлагается концепция цифровой технологии монтажа и контроля его точности и правильности на примере технологий судостроения. Рассмотрены способы создания цифровой модели уже смонтированного оборудования.

Ключевые слова: цифровая модель, монтаж, выверка и контроль

Original article

DIGITAL INSTALLATION TECHNOLOGIES

Mikhail A. Kuznetsov¹, Alina S. Chechulina², Sergey N. Isakov³

^{1, 2, 3} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ reasons13why@yandex.ru

² lina.2000.ac@yandex.ru

³ isakovsn@m.usfeu.ru

Abstract. The concept of digital installation technology and control of its accuracy and correctness is proposed, using shipbuilding technologies as an example. Methods for creating a digital model of already installed equipment are also considered.

Keywords: digital model, installation, alignment and control

Целлюлозно-бумажное производство – это сложные техническая и технологическая системы, монтаж которых очень сложная задача, связанная с большими размерами (длина бумагоделательной машины до 200 м, которая должна выставляться вдоль одной оси), большими массами (варочный котел весит 350 т, масса одного узла может достигать 170 т – янки-цилиндр), большими точностями (до 0,01 мм/м) конструкции. По

этой причине вопросы точности монтажа очень актуальны, т. к. она влияет на равномерность и отклонения качественных показателей продукции, ресурс оборудования, расход энергии и т. д.

Рассмотрим возможное применение цифровых методов контроля монтажных работ на примере судостроения. Сама концепция называется «Система управления жизненным циклом судна в постройке», которая описывается ниже [1]. Один из этапов – это создание 3Д-модели конструкции, ее берут за эталон, т. е. с ней будут сравнивать смонтированную конструкцию, относительно ее и будут определять отклонения и погрешности монтажа. Вторым шагом будет создание цифрового двойника смонтированного или построенного оборудования посредством 3Д-сканирования или определения пространственных координат его контрольных точек или частей (с помощью тахеометров или цифровых нивелиров). Далее требуется сравнить полученные данные отсканированной 3Д-модели и эталонной по конструкторской документации (КД) (рис. 1). Сложность в том, чтобы их привести к одному масштабу, чтобы можно было наложить одну модель на другую.

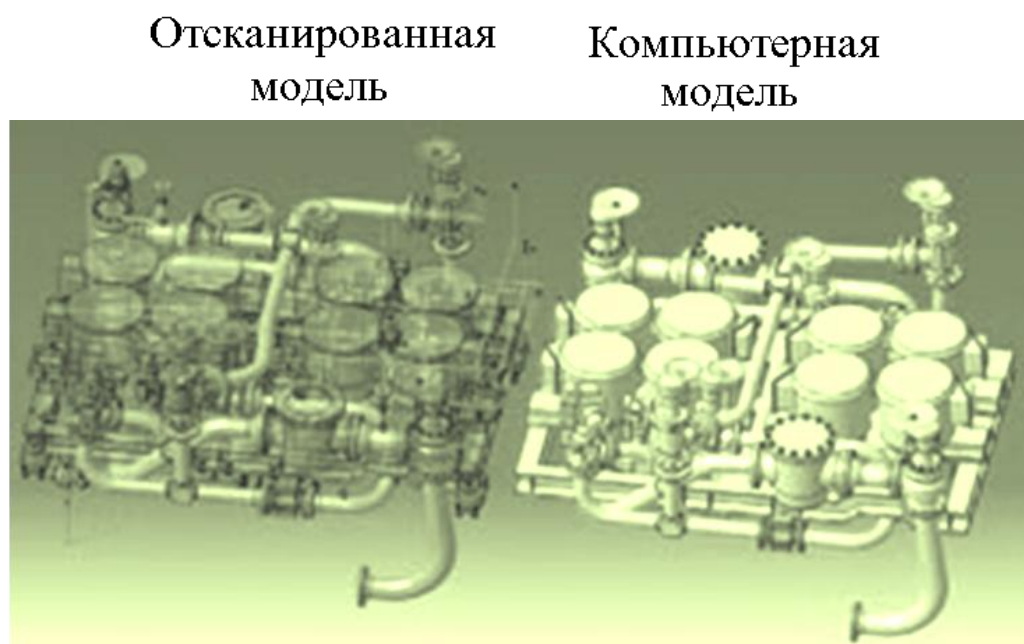


Рис. 1. Сопоставление масштабов отсканированной и компьютерной моделей

Анализ моделей выявляет их несоответствие и параметры отклонения (рис. 2), по которому принимаются решения по изменению КД или смонтированной конструкции.

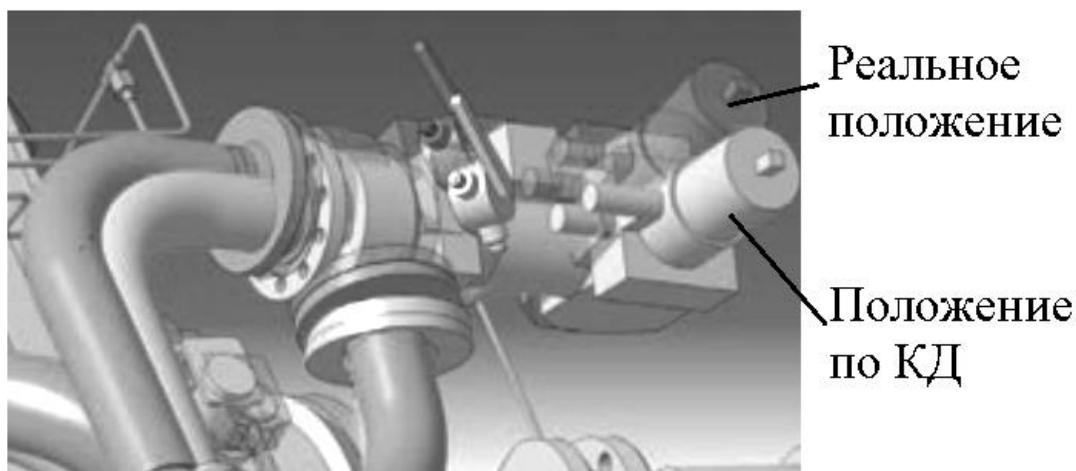


Рис. 2. Наложение моделей и визуальное отклонение положений моделей по КД и реальной

Вся концепция цифровизации производства и монтажа строится на следующих принципах [1]:

- 1) цифровая полнота и единство – единое информационно-производственное поле предприятия;
- 2) точное измерение – точное управление. Постоянный контроль конструкторской 3Д-модели и монтируемого или строящегося объекта;
- 3) стандартизация и унификация – единство внутривзаводской документации, смежников и кооператоров и т. д.;
- 4) точность резки и обработки заготовок. Применяется на оборудовании разной степени износа, т. к. организуется образная связь с оборудованием. Управление обработкой ведется не по ходовым винтам, зубчатым рейкам, направляющим, а по фактическому положению обрабатывающего инструмента;
- 5) если монтаж производится блоками, то можно предусмотреть наполнение коммуникациями и техническими системами (проводкой, трубопроводами, каналами вентиляции и др.). Их стыковку производить вместе с секциями через соответствующие разъемы.

В судостроении есть и другие принципы и подходы, которые к нашей специфике не совсем подходят, например, гибка больших листов, гибридная лазерно-дуговая и роботизированная сварка, мобильные модульные логистические системы и др.

Рассмотрим, способы создания 3Д-моделей с реальных объектов. Наиболее широко применимы четыре технологии [2, 3]: сканирование структурированным светом, лазерное сканирование, фотометрия и координатно-измерительные системы (комплексы).

Технология *сканирования структурированным светом* заключается в проецировании переменного светового рисунка на объект и получении с камер рисунка не только при его отражении, но и при проецировании,

преломлении и искажении. Отрицательное влияние может оказать внешний свет.

Принцип *лазерного сканирования* основан на методе измерения расстояния между сканером и объектом, создавая 3Д-поверхность из замеренных точек. Наиболее точный, но дорогостоящий.

Фотометрия заключается в компьютерной сшивке нескольких фотографий одного предмета, сделанных с разных ракурсов, на основании этого создается 3Д-модель. Координатно-измерительные системы «ощупывают» поверхность датчиком (зондом), который закреплен на подвижной части машины (портале, руке, подвесе и т. д.).

Для создания 3Д-моделей оборудования и промышленных объектов, которые находятся не в «тепличных» условиях, подходят далеко не все перечисленные методы. Однако сам принцип воплотился в создании 3Д-поля из точек с измеренными координатами относительно базовых точек. Координаты получаются при измерениях тахеометрами [3]. Принцип их использования представлен на рис. 3, в соответствии с которым координаты объекта вычисляются следующим образом:

$$X = D \cdot \cos(\nu) \cdot \sin(\varphi)$$

$$Y = D \cdot \cos(\nu) \cdot \cos(\varphi)$$

$$Z = D \cdot \sin(\nu)$$

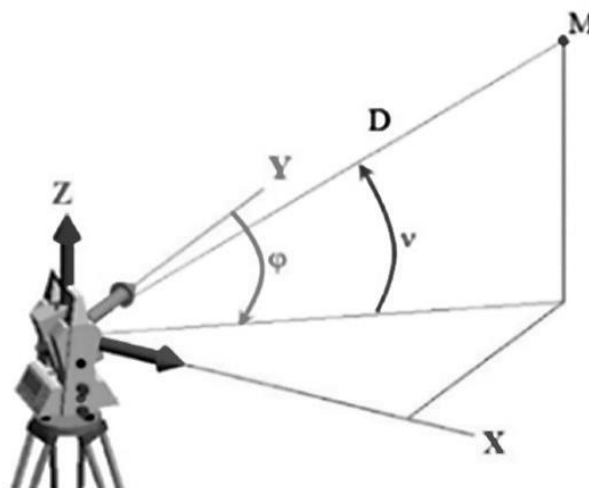


Рис. 3. Использование тахеометра для измерения координат точки

Для этих измерений требуется определять не только углы φ и ν , но и разности высот и расстояния и др. Не последние требования к результатам измерения – это цифровизация и точность замеров, а также их скорость.

Подобные работы можно производить и в упрощенном виде – электронными нивелирами [4]. Это стало возможно благодаря применению цифровых нивелиров с штрих-кодовой рейкой (рис. 4). Чаще с обратной

стороны нанесена классическая шашечная E-образная разметка, которая позволит «в случае чего» использовать электронный нивелир как оптический.

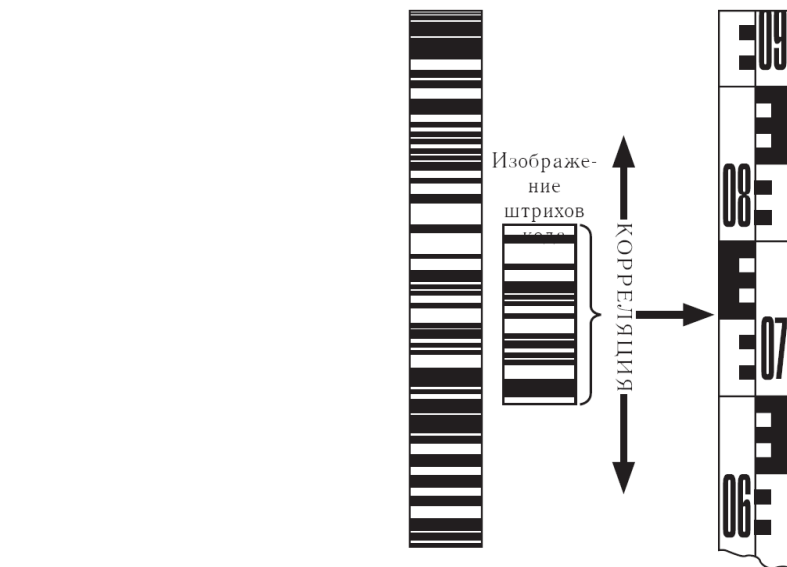


Рис. 4. Штрих-кодовой рейкой

Как пример использования этой технологии при монтаже трубопроводов создается 3Д-модель по полученным координатам и КД (рис. 5) [3]. По этим моделям путем наложения осей выполняют проверочные измерения изготовленных участков трубопровода и 3Д-модели. Также измеряют места будущего монтажа на предмет определения координат помех, преград, другого установленного оборудования, либо которое будет установлено. Это позволит свести к минимуму доработку по месту, т. к. минимизируются припуски, отклонения от формы и т. д.

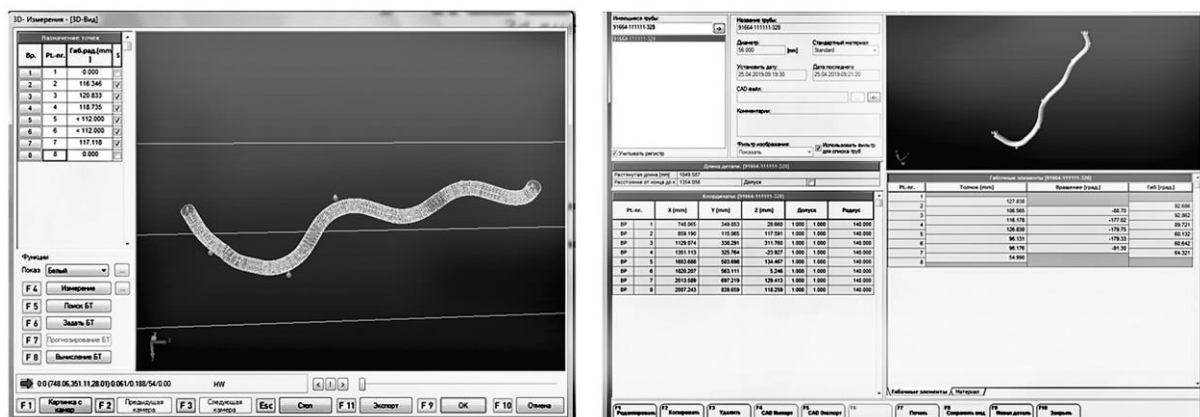


Рис. 5. Формирование модели трубы в программе *Aicon Tubeinspect*

Таким образом, предлагаемый способ технологии цифрового монтажа поможет в создании технической документации.

Список источников

1. Шамрай Ф. А. Современные технологии для крупноблочного строительства судов // Neftegaz.RU: деловой журнал. 2019. № 8 (92). С. 26–32.
2. Как создавать 3D-модели // Shining 3D : [сайт]. URL: <https://www.shining3d.ru/blog/kak-sozdavat-3d-modeli/> (дата обращения: 20.08.2023).
3. Разработка и внедрение цифровых технологий сквозного контроля геометрических параметров при изготовлении корпуса, монтаже трубопроводов и оборудования / В. С. Михайлов, А. В. Савинов, Д. Л. Деснев [и др.] // Судостроение. 2020. № 3 (850). С. 33–36.
4. Цифровые нивелиры: устройство, исследования, поверки и юстировка // Геодезия. Исследование, поверка и юстировка средств измерений : учебное пособие. М. : Московский государственный университет геодезии и картографии, 2016. С. 207–251.