

# Предиктивное обслуживание конвейерных лент с помощью цифровых двойников.

Интервью с экспертом Йоргом Арлотом



Прибыльность - одна из основных целей при разработке и эксплуатации сложных машин и систем. Новые методы, основанные на данных (big data, машинное обучение), теперь позволяют использовать интеллектуальные подходы (например, предиктивное обслуживание) и помогают достичь это цели, избегая незапланированных простоев и сокращая эксплуатационные расходы и затраты на обслуживание без вынужденной необходимости. Я поговорил со своим коллегой по ESI Йоргом Арлотом, специалистом по системному моделированию в горнодобывающей промышленности, и спросил о текущем состоянии дел.

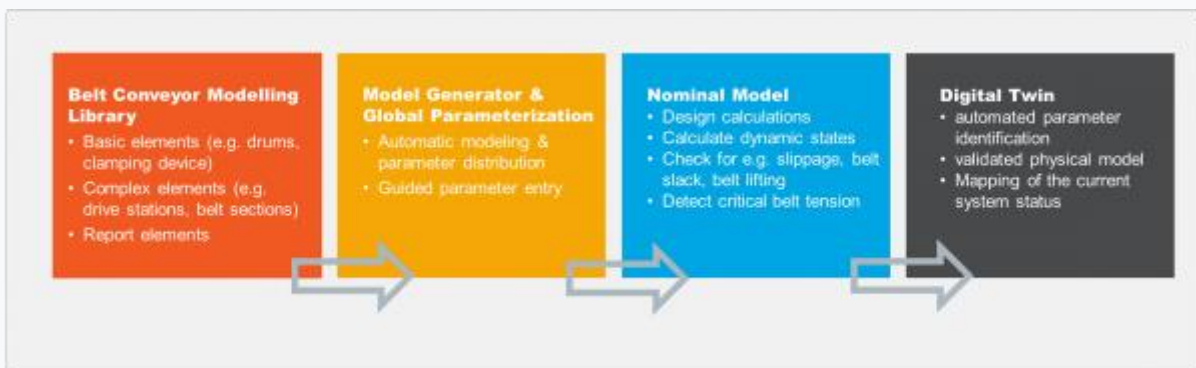
**Q. Большие данные и машинное обучение играют огромную роль в цифровизации любой отрасли. Глядя на производителей и операторов горнодобывающей техники, где вы в настоящее время видите большинство отправных точек?**

**Jörg.** Текущая задача - объединить методы, основанные на данных, и экспертные знания из реальной практики, связать существующие данные измерений с причинами дефектов или износа и передать их в другие системы. Только тогда развитие распознавания паттернов и шаблонов поведения на основе данных может увенчаться успехом. Моделирование физической системы в сочетании с реальными рабочими процессами предлагает решение, которое упрощает практическое применение и поддерживает связь между экспертами из различных областей. Модели можно создавать автоматически; предполагаемое поведение при ошибках

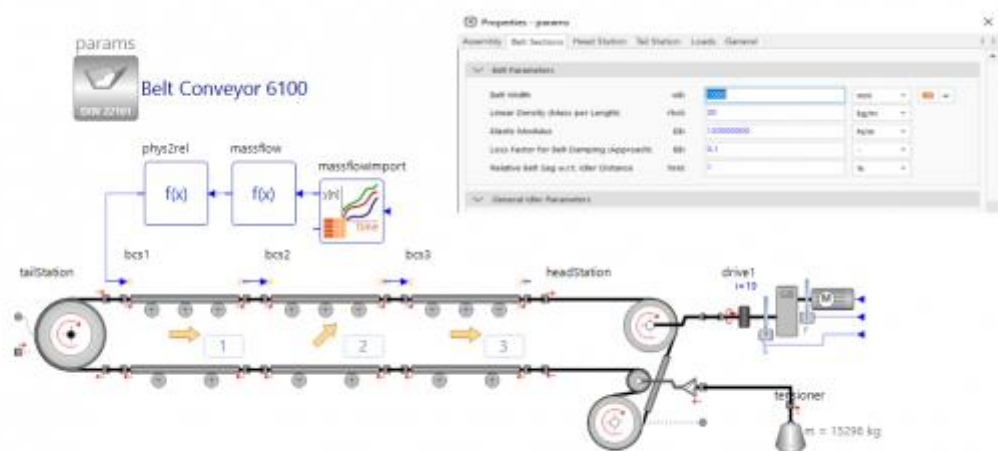
и сбоях может быть целенаправленно заложено, и таким образом сгенерирован широкий спектр виртуальных рабочих данных.

**Q. В своей лекции на конференции по ленточным конвейерам Вы в общих чертах описали рабочий процесс анализа состояния ленточных конвейеров на основе SRA (Анализ поломок и надежности систем) для поддержки стратегий предиктивного обслуживания. Отправной точкой и основой этой концепции является цифровой двойник на примере ленточного конвейера. Как именно это должно работать?**

**Jörg.** Если, как и в случае с ленточными конвейерами, модель системы может быть обобщена, она может быть создана автоматически. При системном моделировании обобщение достигается путем применения библиотеки ленточных конвейеров в программном решении ESI SimulationX. Из включенных элементов генератор модели на основе сценария автоматически создает модель системы. Я вкратце обрисовал рабочий процесс от элементов библиотеки до цифрового двойника:



Полученная имитационная модель описывает структуру системы и централизованно параметризуется в хранилище данных. На рисунке показана имитационная модель ленточного конвейера, который затем загружается стандартизованным массовым расходом, который был сгенерирован из реальных данных измерений и, таким образом, представляет реальный процесс загрузки во времени (нагрузка).



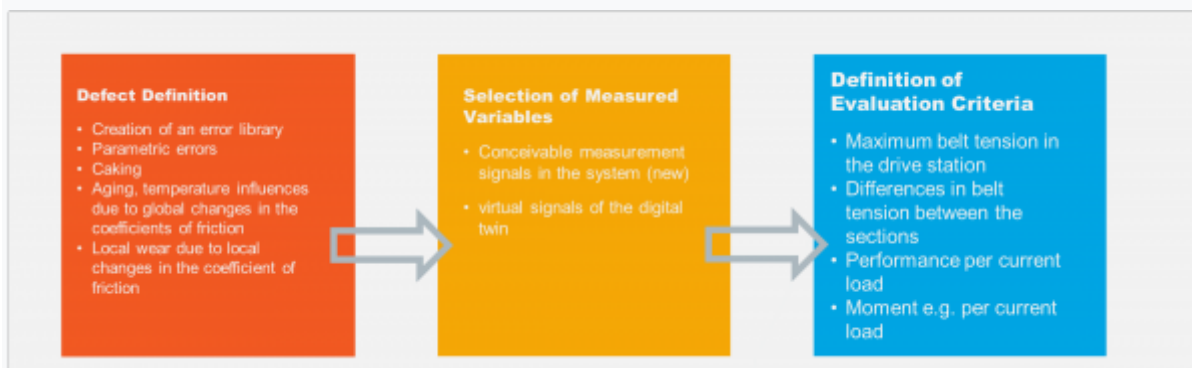
**Q. Очень важным критерием качества и надежности созданного цифрового двойника является согласованность данных. Что вы можете сказать о данных,**

**измеренных в реальных сценариях, по сравнению с данными, полученными с помощью моделирования?**

**Jörg.** Это очень важный аспект. Чтобы проверить нашу имитационную модель, мы взяли данные с работающей конвейерной системы. Если вы сравните реальные измеренные значения с данными моделирования на картинке, вы увидите близкое соответствие между данными моделирования и измерения. Соответствие критериям качества выполнено.

**Q. Перейдем к другому важному моменту - анализу SRA. Что именно стоит за новой технологией?**

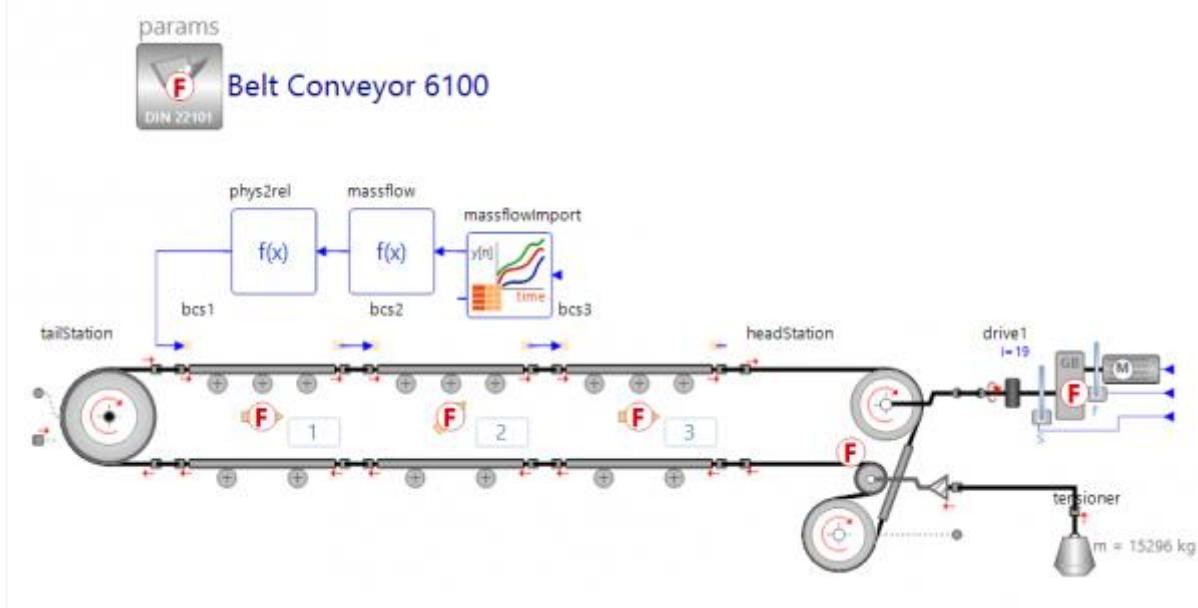
**Jörg.** На изображении ниже я покажу вам пример нашего подхода к анализу SRA для приложения ленточного конвейера, где вы можете увидеть, как новые идеи могут быть разработаны, протестированы и оценены в имитационной модели. Это ключ к тому, чтобы идеи были полностью проверены виртуально, заранее, в процессе разработки, вместо того чтобы изобретать сложные и нереалистичные стратегии измерения. В качестве пост-эффекта такой цифровой подход может даже вызвать потребность в новой технологии измерений.



**Q. Итак, глядя на производительность в реальных операциях, вы собрали множество возможных ошибок и скомпилировали их в библиотеке?**

**Jörg:** Абсолютно верно. Сгенерированная нами модель поломки очень похожа на то, что вы видите здесь. Все элементы модели с параметрическими ошибками отмечены красной буквой «F» и являются частью автоматически созданной библиотеки ошибок.

Вы можете четко видеть структурный вид модели ленточного конвейера с реализованными параметризованными поломками. Сюда входят неисправности, которые могут быть назначены напрямую, например, налипание на барабанах, а также сложные поломки, которые характеризуются изменением коэффициента трения. Это можно сделать глобально, чтобы отметить общее старение и износ. Но это также можно сделать локально, чтобы отобразить воздействия или эффекты,



В дополнение к обычным измерительным сигналам, таким как скорость (двигатель, вращающиеся барабаны) и крутящий момент привода, текущая общая нагрузка измеряется с помощью виртуальных датчиков и сил натяжения ремня отдельных секций модели в этом тесте. Это сделано для того, чтобы понять, можно ли идентифицировать такие разные поломки, даже если несколько отказов происходят одновременно.

Например, постоянно контролируется широкий спектр характеристик, таких как максимальное натяжение ремня на приводном барабане, нормированная мощность и нормированный крутящий момент привода на текущую нагрузку, а также нормированные силы натяжения ремня на основе номинального поведения (на основе номинальной модели). Это означает, что инженеры могут рассчитать большое количество вариантов **неисправностей**, их масштабы и сочетания, и влияние на производительность конвейера.

**Q.** Алгоритмы машинного обучения используются для анализа влияния ошибок на модель. Как именно это способствует стратегии предиктивного, прогнозируемого обслуживания?

**Jörg.** Верно. Мы используем алгоритмы машинного обучения для оценки результатов расчета вариантов. Например, **качественный анализ при помощи дерева принятия решений** ясно показывает зависимости между сгенерированными функциями и поломками и насколько точно могут быть определены пороговые значения. Хотя налипание можно очень легко обнаружить, используя соотношение различных скоростей двигателя и барабана, гораздо труднее определить эффекты старения. Из-за различных условий нагрузки во время работы необходимо выбирать очень надежные пороговые значения.

Чтобы лучше проиллюстрировать это, давайте вернемся к изображению выше, где вы видите стандартизованные силы натяжения ремня отдельных секций. Отправной

точкой идеи является то, что силы натяжения ремня можно измерить для каждой секции модели (здесь BCS1, BCS2, BCS3, HeadStation). Рассматриваемые силы натяжения ремня локализованы на соответствующем участке ремня. Не разрабатывая и не устанавливая соответствующие датчики, инженеры знают, какие выводы они сделают из этих сигналов. Для этого силы натяжения ремня нормируются с использованием рассчитанных сил натяжения ремня номинальной модели.

**Q.** Спасибо за прекрасное техническое и теоретическое объяснение. В заключение, как бы вы резюмировали нашу тематику для читателей?

**Jörg.** Интеллектуальные (умные) сервисы и используемые для них алгоритмы машинного обучения требуют предоставления достаточного количества операционных данных. Это уже относится к подготовке стратегий обслуживания для новых систем, для которых на данный момент нет полевых данных. Анализ систем на основе данных, описанный выше, является эффективным средством получения таких реалистичных объемов данных. Включение и оценка **моделей поломок** и их взаимодействия представляет собой, с одной стороны, возможность включить опыт эксплуатационного и обслуживающего персонала и сделать его пригодным для широкого использования, а с другой стороны, защитить систему от перегрузок датчиками. Показанный рабочий процесс на основе SRA поддерживает сбор данных и разработку новых решений как для повышения доступности системы, так и для стратегий предиктивного обслуживания.

ESI Group

30.06.2021

For additional information please contact

[nne@esi-group.com](mailto:nne@esi-group.com)

[www.esi-group.com](http://www.esi-group.com)