



# ВИДЕОАНАЛИТИКА — МОЩНОЕ ОРУЖИЕ В БОРЬБЕ С ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ТРАВМАТИЗМОМ

ВЛАДИМИР ЦАРЕВ  
ЕВГЕНИЙ ВЕСНИН

Проблема производственного травматизма остается чрезвычайно актуальной для крупных промышленных и строительных предприятий России, несмотря на тенденцию к сокращению абсолютного числа травм. Ответственность за травмирование сотрудников лежит на работодателе, поэтому предприятия вкладывают большие средства в обеспечение промышленной безопасности и мониторинг соблюдения сотрудниками установленных требований в режиме реального времени.

Производственный травматизм не всегда является следствием неудовлетворительных условий и плохо организованной охраны труда. Часто травмы происходят по вине самого сотрудника, который не использовал необходимые средства индивидуальной защиты (СИЗ), зашел в опасную зону или был невнимателен вблизи работающего механизма.

Современные технологии позволяют отслеживать действия персонала и немедленно оповещать оператора о нарушениях. Благодаря этому можно практически мгновенно принимать решения, которые помогут исключить риск травматизма и избежать дестабилизации обстановки на предприятии. Применение таких технологий также является важным

дисциплинирующим фактором для сотрудников, понимающих неизбежность наказания за нарушения.

## МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПРОМБЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНЫ ТРУДА

Для обеспечения безопасности работников используются как организационные, так и технические меры. Среди распространенных технических мер можно выделить ограждение опасных механизмов, нанесение внутрицеховой разметки для безопасного перемещения работников, установку датчиков аварийного отключения механизмов при открытии ограждений или проникновении работника в опасную зону.

Сравнительно недавно появился новый класс устройств — «умные» каски и «умные» браслеты, позволяющие позиционировать работников в помещениях по сигналам беспроводных датчиков и снаружи — по сигналам спутников GPS/ГЛОНАСС. На основе позиционирования такие устройства могут решать ряд задач по контролю нахождения в опасных зонах, осуществлять запись маршрута движения и отправлять оповещения о чрезвычайной ситуации. Однако стоимость такого метода контроля достаточно высока, поскольку предприятию приходится закупать «умные» устройства для каждого сотрудника и впоследствии их обслуживать. При этом работники часто демонстрируют

незаурядные творческие способности в изобретении способов обмануть систему, например надевают браслеты на собак, кладут каски в автомобиль или погрузчики.

К организационным мерам обеспечения безопасности можно отнести внутренние правила и регламенты выполнения работ, а также оформленные заказ-наряды на проведение определенного вида работ. В большинстве случаев соблюдение этих мер контролируется специалистом или отделом охраны труда. Согласно нормативам, на предприятии, где среднесписочная численность персонала не превышает 700 человек, с задачами охраны труда может справиться один специалист (за исключением вредных и опасных производств). Однако вполне очевидно, что и один специалист, и целый отдел охраны труда не могут осуществлять непрерывный контроль всего персонала. Это становится возможным только благодаря применению современных систем видеоаналитики и контроля техники безопасности на предприятии.

Видеоаналитика предполагает интеллектуальный анализ потока видеоданных от установленных на предприятии камер. Возможен как анализ данных в режиме реального времени, так и работа с архивами полученной ранее информации.

Системы видеоаналитики на базе искусственного интеллекта помогают «видеть» весь производственный процесс, фиксировать все нарушения и оперативно их устранять. Преимуществами таким систем являются их полная автономность (работа 24/7, влияние «человеческого фактора» исключено), высокая точность обнаружения людей и нарушений, мгновенное информирование заинтересованных служб о любой нештатной ситуации.

Рассмотрим основные задачи промышленной безопасности, успешно решаемые с помощью видеоаналитики.

### КОНТРОЛЬ НАЛИЧИЯ СИЗ

СИЗ используются работниками для предотвращения или уменьшения воздействия вредных и опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения.

Согласно ГОСТ 12.4.011-89 выделяют 12 классов СИЗ в зависимости от их назначения: костюмы изолирующие, одежда специальная защитная, средства защиты ног, рук,

головы, лица, глаз, органов слуха, органов дыхания, средства защиты от падения с высоты, средства дерматологические защитные и средства защиты комплексные.

Среди указанных категорий на подавляющем числе промышленных и строительных предприятий наибольшее распространение получили такие СИЗ, как каски, респираторы, очки, перчатки, спецодежда, спецобувь. Часто поверх фирменной спецодежды (куртка, комбинезон) работникам предписывается также надевать светоотражающий сигнальный жилет.

Все эти СИЗ, за исключением спецобуви, в настоящее время могут успешно выявляться при помощи системы машинного зрения, построенной на основе глубокого машинного обучения (сверточных нейронных сетей). С учетом того, что алгоритм анализа выполняется не на одном изображении, а на непрерывной серии кадров (видео), достоверность обнаружения нарушений такими системами приближается к 100%. Ложные тревоги допустимы в разумных пределах.

Пример одного из подобных решений, созданных в компании «Малленом Системс», представлен на рис. 1. Алгоритм обнаруживает на последовательности кадров людей и отслеживает их перемещение, а также анализирует использование ими СИЗ, в частности каски и сигнального жилета. Сотрудник, на котором не обнаружены требуемые средства защиты, выделяется на изображении красной рамкой, и на пульт оператора системы приходит предупреждение о выявленном нарушении. Факт нарушения вместе с изображением фиксируется в базе данных.

Программа способна работать одновременно с несколькими камерами и может быть интегрирована в существующие системы охранного и производственного видеонаблюдения. Алгоритмы обнаружения СИЗ стабильно функционируют как в условиях цеха, так и на улице. При необходимости программа может быть обучена и обнаружению других видов СИЗ: наушников, очков, налокотников, щитков, противогазов и др.

### КОНТРОЛЬ НАХОЖДЕНИЯ ЛЮДЕЙ В ОПАСНЫХ ЗОНАХ

Множество технологических процессов на промышленных предприятиях связано с использованием кранов для подъема и перемещения тяжелых объектов. Падение или опрокидывание таких объектов представляет опасность для жизни и здоровья находящихся рядом работников. По этой причине в цехе выделяют опасные зоны, куда персоналу заходить запрещено.

Опасные зоны возникают также рядом с большими механическими агрегатами (станы, конвейеры, манипуляторы и т. п.). Границы таких зон могут быть обозначены не только контрастными линиями прямо в цехе, но и виртуальными линиями на изображениях, формируемых видеокамерой (рис. 2).

Система машинного зрения выявляет на видеозображении людей. В случае появления человека в заданной опасной зоне подается предупредительный сигнал, к примеру, на пульт начальника смены или крановщику. Также возможна подача предупреждающего звукового сигнала работнику, находящемуся в опасной



**РИС. 1.** ◀ Пример работы модуля обнаружения людей и контроля использования СИЗ

**РИС. 2. ▶**  
Пример работы модуля  
контроля нахождения  
людей в зоне работы  
крана



зоне работы крана. Запись об инциденте сохраняется в базе данных.

Визуальный контроль нахождения людей в опасных зонах многократно снижает возможность получения сотрудниками тяжелых травм от работающих устройств и механизмов. Формируется доказательная база для применения дисциплинарных воздействий на работников, регулярно выходящих за границы безопасных зон и создающих таким образом опасность возникновения производственного травматизма.

### **КОНТРОЛЬ БЕЗОПАСНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОПЕРАЦИЙ**

На промышленном производстве часто применяются исполнительные механизмы с движущимися частями, которые способны нанести вред здоровью работника при несоблюдении им техники безопасности. В ходе выполнения производственной операции работник взаимодействует с этим механизмом, выполняя ряд

манипуляций: ручная подача сырья или изделия, переключение режимов, контроль состояния и т. п.

Задача контроля заключается в том, чтобы выявить действие работника, которое нарушает правила безопасности при работе с данным механизмом и является потенциально опасным для него. В рамках проектов, проработанных нашей компанией, рассматривались задачи выявления опасных действий при работе с прессом, измельчителем, намотчиком и пилой. Чаще всего требовалось выявить опасное движение рукой или наклоном тела в сторону механизма во время его работы (рис. 3). При работе с ленточной пилой требовалось также определять наличие специальных защитных перчаток на работнике.

При выявлении опасной ситуации система машинного зрения, помимо стандартных предупредительных сигналов и логирования, должна мгновенно выдать сигнал для аварийной остановки механизма. В связи с этим предъявляются существенные требования к быстрдействию таких систем.

Обеспечить его может, с одной стороны, использование камер машинного зрения с высокой частотой формирования кадров (fps от 60 и выше) и низкими задержками передачи данных, с другой — способность вычислительного устройства обработать такой объем данных. С учетом того, что нейросетевые алгоритмы имеют сравнительно высокую вычислительную сложность, решение заключается в использовании скоростных и достаточно дорогостоящих графических ускорителей.

Важный момент, на который стоит обращать внимание разработчикам и потребителям систем контроля выполнения операций, заключается в том, что нейросетевые модели, как бы тщательно и долго они ни обучались, не могут гарантировать 100%-ное выявление всех опасных ситуаций при приемлемом уровне ложных тревог. Система машинного зрения способна повысить уровень промышленной безопасности и во многих случаях спасти здоровье или жизнь работнику, но крайне опрометчиво надеяться на то, что она снизит аварийность до нуля.

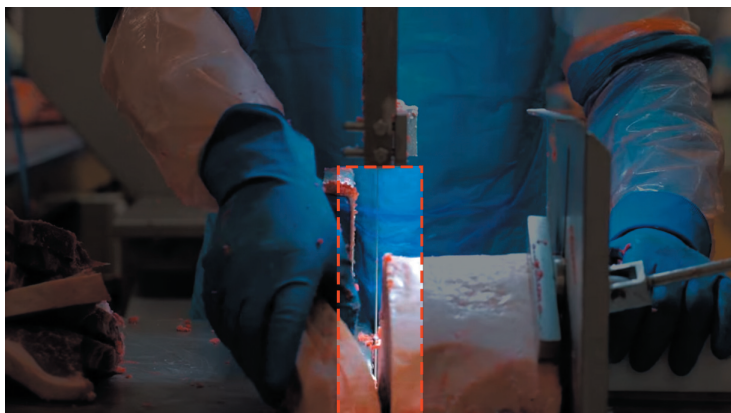
Лишь в процессе создания и тестирования такой системы для конкретных задач и условий эксплуатации можно эмпирически оценить ее эффективность. Поэтому разработка таких систем — это, в определенном смысле, рискованные инвестиции. Однако сегодня все большее количество предприятий, понимая значимость обеспечения промышленной безопасности своих сотрудников и производств, готовы вкладывать средства в создание и внедрение подобных систем контроля.

### **КОНТРОЛЬ СОБЛЮДЕНИЯ РЕГЛАМЕНТОВ РАБОТЫ**

Задача контроля над регламентом на промышленном объекте или строительной площадке (в первую очередь контроля над порядком и сроками выполнения операций) актуальна по двум причинам. Во-первых, правильное исполнение регламентов напрямую влияет на производительность труда, на качество процессов и конечной продукции. Во-вторых, нарушение регламентов может приводить к увеличению вероятности производственного травматизма.

Для примера можно привести задачу хронометража при ремонте электродвигателя, когда требуется

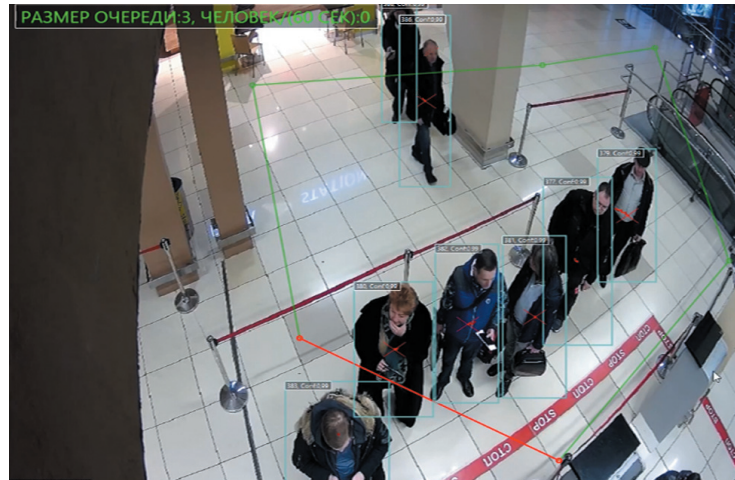
**РИС. 3. ▶**  
Пример работы модуля  
контроля работы  
с ленточной пилой



контролировать перемещения и действия работника в пределах своего рабочего места (участок — примерно 3×4 м). С помощью машинного зрения можно контролировать порядок движений сотрудника в зоне контроля по маршруту (ремонтный стол, шкаф с инструментами), включая выход за пределы рабочей зоны, а также порядок движения рук рабочего в зоне ремонтного стола и положение двигателя и инструментов на столе с целью исключения их случайного падения. Чтобы повысить надежность анализа действий рук рабочего, на его перчатки и плечи можно нанести специальные метки.

Другим примером является контроль скопления и перемещения людей на производственной площадке. Система машинного зрения анализирует перемещение людей в зоне контроля и выявляет ситуации их скопления (трех и более человек) на одном локальном участке, что соответствует условному нарушению регламентов работы.

Подобное решение применимо не только для промышленных или строительных предприятий. В аэропортах, банках и на многих других



**РИС. 4.** ◀  
Пример работы модуля оценки длины очереди и скорости обслуживания

объектах, где формируются очереди, очень востребованной сейчас является задача последовательного движения людей в очереди — оценка количества людей, порядка и безопасного расстояния следования (рис. 4).

Правильно спланированная и выстроенная система промышленной безопасности позволяет значительно повысить контроль на производственном или строительном объекте и мини-

мизировать опасность возникновения травм. Разработку систем контроля следует доверять профессионалам в области анализа изображений и машинного зрения, ведь от того, насколько качественно и надежно будет работать система, зависят не только статистические показатели работы предприятия по снижению производственного травматизма, но и здоровье, а порой и жизни многих людей. ●