

Технологии высокоскоростного розлива и упаковки вакцин

Подробно рассмотрены новейшие технологии компании Truking Technology, позволяющие проводить процесс высокоскоростного розлива и упаковки вакцин на скорости до 450 000 ед/день на одной производственной линии.

Процесс организации высокоскоростного розлива и упаковки в фармацевтической отрасли всегда сопровождается рядом технических проблем, особенно в том случае, если речь идет о массовом производстве. Но сегодня, когда коронавирусная инфекция стремительно распространилась по всему миру и не собирается сдавать свои позиции, единственной надеждой государств остается иммунизация населения путем вакцинации.

Многие страны не подвергают сомнению эффективность большинства созданных вакцин от коронавируса. Однако объемы их производства еще недостаточны для полного удовлетворения спроса, что связано, в том числе, с рядом технических ограничений, касающихся скорости розлива и упаковки.

В последние 20 лет Truking Technology была предельно сфокусирована на развитии сегмента оборудования для высокоскоростного асептического розлива и упаковки инъекционных препаратов. К

новейшим достижениям компании в этой сфере можно отнести такие технологии: система «высокоскоростной транспортировки флаконов» для снижения ударных нагрузок на стенки стеклянных флаконов во время их движения на большой скорости, «адаптивная система контроля процесса высокоскоростного дозирования», «самообучаемая система визуальной инспекции на базе искусственного интеллекта» и «технология регулируемого управления движением узла раскрытия края картона с многоступенчатой планетарной трансмиссией». Все эти разработки позволяют решить многие проблемы высокоскоростной упаковки, такие как бой флаконов во время транспортировки, низкая точность дозирования, ложноположительные результаты инспекции, низкая скорость вторичной упаковки. Эффективность этих разработок подтверждена их широким применением на современном фармацевтическом рынке. Все вышеназванные технологии интегрированы в высокоскоростные линии розлива и упа-

ковки вакцин компании Truking Technology и способны стабильно производить до 450 000 флаконов в сутки.

Далее рассмотрим их подробнее.

1. Система высокоскоростной транспортировки флаконов

При высоких скоростях работы линии (>550 флаконов/мин) флаконы подвергаются частым ударным нагрузкам в процессах транспортировки, выборки и отбраковки, что зачастую приводит к разбиванию или повреждению стекла, толщина которого не превышает 1 – 2 мм. После тщательных и подробных исследований удалось установить, что в большинстве случаев бой флаконов вызван повышенной ударной нагрузкой, возникающей при применении несогласованных стратегий управления и контроля независимых рабочих станций в момент прохождения через них флаконов. Проанализировав оптимальные критерии контроля для обеспечения защиты флаконов от повреждения во время движения на большой скорости, исследовательская команда компании Truking Technology разработала технологию, позволяющую координировать траектории движения и скорости, тем самым существенно снижая ударные нагрузки на флаконы и соответственно уменьшая коэффициент боя во время высокоскоростного процесса. Благодаря применению этой технологии коэффициент боя флаконов составляет $\leq 0,01\%$ при скорости их транспортировки 550 флаконов/мин.

2. Адаптивная система контроля процесса высокоскоростного дозирования

Фармацевтическая отрасль всегда сталкивается с проблемой реализации процесса скоростного дозирования с высокой точностью. Основные сложности этого процесса заключаются в согласовании движения дозирующих игл и обеспечении высокой точности дозы на каждый проходящий флакон.



Рис. 1. График изменения ударной нагрузки на флаконы в процессе загрузки в машину



Рис. 2. Раздаточная звездочка и транспортировочная каретка

В компании Truiking Technology разработана адаптивная технология контроля процесса высокоскоростного дозирования, гарантирующая стабильное поведение механической системы. Одновременно изучены и проанализированы разнообразные алгоритмы контроля для выработки наиболее оптимальной стратегии управления движением системы, что позволило существенно повысить точность дозирования.

Проведя глубокие исследования законов и принципов саморегулирующего управления, компания разработала адаптивный контроллер

(AIC) на базе интеллектуальной системы управления (IC), который может выявлять тенденции роста отклонений при изменениях состояния системы во времени и отслеживать нелинейные показатели системы дозирования. Локально преобразовывая к линейному виду глобальные нелинейные параметры, можно более эффективно снижать отклонения контроля дозирования и соответственно повышать стабильность дозы. По данным экспериментальных исследований (рис. 4) установлено, что контроллер AIC более эффективен в сравнении с системами IC и MC.

3. Самообучаемая система инспекции на базе искусственного интеллекта

Самый популярный метод обнаружения инородных объектов в жидкости основан на сравнении снимков инспектируемого объекта с эталонным изображением, однако он имеет ряд критических недостатков. В частности, существует вероятность ложноположительного повторяющегося результата из-за неверной интерпретации системой пузырьков, содержащихся в жидкости. Для исключения подобных ошибок в компании Truiking Technology разработана технология визуальной инспекции с применением искусственного интеллекта и алгоритмов нейросети. Проводя анализ массивного количества образцов, система учится самостоятельно обнаруживать пузырьки и инородные объекты, оценивая их форму, яркость и траектории движения. При работе на высоких скоростях (до 550 флаконов/мин) такая система умеет распознавать включения размером до 50 мкм с вероятностью ложных результатов ниже 0,01%.

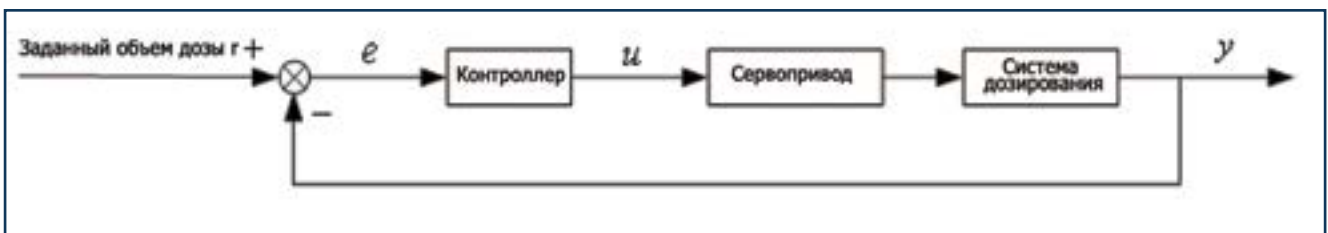


Рис. 3. Блок-схема системы контроля высокоскоростного процесса дозирования

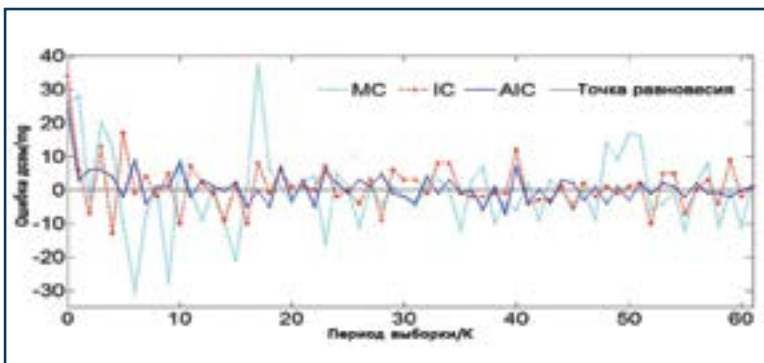


Рис. 4. Сравнение отклонений в системах контроля MC, IC и AIC



Рис. 5. Система контроля высокоскоростного дозирования

4. Технология регулируемого управления движением узла раскрытия края с многоступенчатой планетарной трансмиссией

В настоящее время общая скорость вторичной упаковки заполненных флаконов существенно ограничена эффективностью механической конструкции узла захвата и формирования картонной пачки из заготовки. Для решения этой проблемы в компании Truking Technology создана технология регулируемого управления движением узла раскрытия края картона с многоступенчатой планетарной трансмиссией.

При разработке данной технологии было проанализировано большое количество конструкций и траекторий планетарных передач для создания наиболее эффективной структуры, а также проведен ряд испытаний и симуляций по ее оптимизации. В результате был создан механизм, обеспечивающий надежный захват и раскрытие 99,95% картонных пачек в процессе высокоскоростной упаковки.

После ряда испытаний все выше-названные технологии были успешно внедрены в оборудование, предназначенное для производства вакцин. Производственная скорость линии, снабженной данными технологиями, может достигать 550 ед./мин и поддерживаться на этом уровне в течение продолжительного времени. Сегодня оборудование для производства вакцин уже успешно применяют крупнейшие биофармацевтические компании во всем мире: в Китае (Biotechnology Co.,

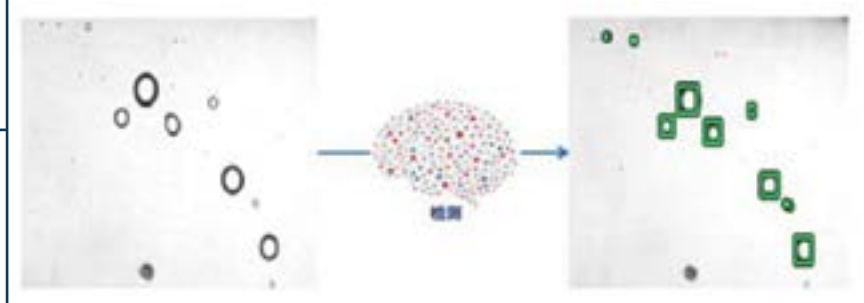


Рис. 6. Схема сегментации нейронной сети искусственного интеллекта



Рис. 7. Самообучаемая система инспекции с алгоритмом нейросети



Рис. 8. Механизм захвата и раскрытия картонной пачки

Ltd.), России (PRV), Индии (BB), ОАЭ. Более 200 единиц оборудования используется для высокоскоростного розлива и упаковки вакцин.

На иллюстрации представлена схема компоновки производственной линии. ■



Контактная информация:

Truking Technology Limited
www.truking.com
marketing@truking.cn

Официальное представительство в России, Украине и странах СНГ
ECI Packaging Limited
Тел.: +7 (495) 657-86-51
Тел.: +38 (044) 490-58-03
truking@eciltusa.com
www.ecipack.com

