



УДК 656.7

DOI: 10.31799/2077-5687-2021-2-20-25

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СКЛАДСКОЙ ЛОГИСТИКИ С УЧЕТОМ ПРИМЕНЕНИЯ ДРОНОВ

А. С. Костин

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В данной статье рассмотрена тенденция применения дронов (квадрокоптеров) в различных сферах, в частности, в складской логистике. Сегодня сфера логистики активно развивается, в статье дан краткий анализ её развития в России и мире. Был произведен приблизительный расчет скорости инвентаризации при помощи квадрокоптера и выполнен анализ существующих решений на рынке. В статье приведен краткий перечень компаний, которые занимаются либо продажами готовых систем для инвентаризации, либо прорабатывают новые решения в данной сфере. В статье сделан краткий вывод о существующих решениях и приведен пример дальнейшего развития данных систем в целом, в частности, рассмотрен пример реализации данной системы на складе и ее интеграция в уже существующую складскую систему, выделены основные преимущества данного решения. Приведен пример технической реализации дрона для выполнения такой задачи, а также приведен пример программного кода для выполнения операции автономного полета внутри складских помещений.

Ключевые слова: квадрокоптеры, дрон, инвентаризация, склад, логистика.

Для цитирования:

Костин А. С. Современные тенденции развития складской логистики с учетом применения дронов // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №2(28), ISSN 2077-5687. – СПб.: ГУАП., 2021 – с. 20-25. РИНЦ. DOI: 10.31799/2077-5687-2021-2-20-25.

MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF WAREHOUSE LOGISTICS IN ACCOUNTING THE APPLICATION OF DRONES

A. S. Kostin

State University of Aerospace Instrumentation

This article discusses the trend of using drones in various fields of application, in particular, the use of drones (quadcopters) in warehouse logistics. Today, this area of logistics is actively developing, the article provides a brief analysis of the development of the sphere in Russia and the world. An approximate calculation of the inventory speed using a quadcopter was made and an analysis of the solutions on the market was carried out. The article provides a short list of companies that either sell ready-made systems for inventory, or are working on new solutions in this area. In the article, a brief conclusion of this solution is made and an example of the further development of data in general is given, in particular, an example of the implementation of this system for integration into an existing warehouse system is considered, the main advantages of this solution are highlighted. An example of the technical implementation of a drone for performing tasks is given, as well as an example of such software for performing an autonomous flight operation inside a warehouse.

Key words: quadcopters, drone, inventory, warehouse, logistics.

For citation:

Kostin A. S. Modern trends in the development of warehouse logistics in accounting the application of drones // System analysis and logistics.: №2(28), ISSN 2077-5687. – Russia, Saint-Petersburg.: SUAI., 2021 – p. 20-25. DOI: 10.31799/2077-5687-2021-2-20-25.

Введение

Сегодня дроны так прочно вошли в нашу жизнь, что редкий выпуск новостей обходится без упоминания об их участии в разнообразных событиях [1, 2]. Один из наиболее заметных трендов сегодняшнего дня – использование дронов в логистических целях. Здесь преобладают два направления: складские дроны, считывающие штрих-коды на упаковках, и дроны для доставки «последней мили». Несмотря на то, что плюсы использования дронов, казалось бы, очевидны, проблем на пути развертывания их применения множество [3, 4]. Приходится решать проблемы, связанные с законодательной базой, с кибербезопасностью и технические проблемы [5].

На текущий момент времени применение дронов на складе является одним из трендов развития



логистической отрасли. Сегодня склад представляет собой сложный технологический объект, разделенный на секции, выполняющий функции по управлению материальным потоком (продуктом компании). В свою очередь, склад включен в систему более сложного уровня – цепочку логистики, которая диктует правила складской организации, а также планирует стратегическое направление и критерии его деятельности. Складская логистика – это совокупность организационных мероприятий, направленных на управление запасами для оптимизации финансовых и информационных потоков. В рамках складской деятельности осуществляется концентрации продукции, правильного хранения и бесперебойной отгрузки товара для отправки потребителю [6].

Хотя в современной России развитие логистической отрасли идет достаточно быстрыми темпами, отечественный логистический рынок все же гораздо менее современен и эффективен, чем в ряде зарубежных государств. К основным проблемам отрасли в РФ можно отнести:

1. использование устаревшего оборудования и технологий;
2. недостаточно качественно проработанную логистическую инфраструктуру;
3. дефицит опытных и квалифицированных кадров;
4. недостаточную базу теоретического материала касательно управления складами;
5. неумение многих руководителей адекватно оценить проблемы своих предприятий.

Последняя из перечисленных проблем особенно важна. К сожалению, на российском рынке управление логистикой складирования достаточно часто добавляется к перечню рабочих задач руководителей предприятия. При этом в большинстве случаев они достаточно плохо разбираются в логистике и потому не используют все имеющиеся возможности [7].

Прибыльность компаний напрямую зависит от эффективности организации цепи поставок, а цель усилий логистов заключается в:

1. наличии требуемых запасов в нужное время в нужном месте;
2. создании гибкой системы поставок, при которой товар и клиент находятся недалеко друг от друга.

Конечно, подобные задачи и раньше стояли перед логистами, решаясь с разной степенью эффективности и объемом трудозатрат. Однако именно сегодня уровень развития технологий способен поддерживать любые инициативы компаний, преследующих амбициозные цели в области «цифровой трансформации». Современные инструменты обеспечивают реализацию огромного множества требований, возникающих на складах – ключевых звеньях логистической цепи. Ситуация с использованием дронов на складе несколько сложнее, хотя выгоды здесь не менее привлекательны [8].

Простой и самый логичный пример использования дронов – инвентаризация, а если точнее, то контроль точности высотного хранения – просчет паллет. Стандартный процесс (в соответствии с Межотраслевыми правилами по охране труда ПОТ Р М-027-2003 2.4.5.15. «...Не допускается: - использовать погрузчики для перевозок и подъема людей.») – снятие паллеты, сканирование, постановка паллеты, перемещение к следующей ячейке – в среднем занимает 3 минуты на одну паллету. Если проводить ту же процедуру с элементами «рационализаторства» - поднятие сотрудника на высоту, сканирование, перемещение – то можем получить средний результат 30 секунд на паллет, ну и в придачу все понятные риски подобной процедуры. При этом будут задействованы кладовщик, водитель погрузо-разгрузочной техники (ПРТ), сама ПРТ, а также в большинстве случаев оператор WMS для выдачи и обработки заданий. Учитывая затраты на используемые ресурсы, получим в случае даже «упрощенного» просчета (без снятия паллет) скорость в 120 пал/час, что в затратах выражается примерно в 1000 руб./ч или 50 руб./пал.

Практические испытания и расчеты показали, что даже с помощью дрона на ручном управлении можно достичь той же скорости в 120 пал/час. При этом не потребуются привлекать дополнительные ресурсы и технику, что в итоге превращается в 280 руб./час или 2 руб. за паллет. Учитывая стоимость самого дрона и вспомогательного оборудования, его применение окупит себя при просчете порядка 30000 паллет. А самое главное – это возможность задать маршруты и



расписания проверок паллет и ячеек, организовать полностью автономный процесс, похожий на ставшую уже привычной работу домашних роботов-пылесосов [15].

При явных преимуществах (мобильности, эффективности, стоимости и низком времени окупаемости) существует ряд факторов, ограничивающих широкое применение дронов на складах:

- несовершенство энергоносителей;
- недостаточная мощность и автономность;
- ограничение ориентации в пространстве по GPS в замкнутых помещениях;
- отсутствие законодательной базы.

Есть два варианта применения дронов в складской логистике. В первом случае компании предоставляют продукт, готовый комплекс, настраивают его на складе заказчика и переходят к другому проекту. Во втором – компании стремятся предоставить сервис на основе беспилотных технологий, например, сервис инвентаризации грузов [9]. В таблице 1 приведены компании, которые применяли дроны для инвентаризации внутри склада.

Таблица 1 – Компании, применявшие дроны для инвентаризации складов

№	Название компании	Описание
1	Кимберли-Кларк	Компания провела инвентаризацию продуктов на складе общей площадью около 25 тысяч кв.м. Дроны были снабжены высокоточными сканерами, искателями оптического диапазона и HD-камерами [10].
2	UVL Robotics	Компания провела инвентаризацию складов на заводе PepsiCo в Лебедяне для 6 000 паллет-мест. Дроны были оборудованы системой сканирования кодов, камерой высокого разрешения, датчиками предупреждения столкновения и системой позиционирования [11].
3	MIT	Массачусетский технологичный институт испытывает новую систему с небольшими дронами и RFID-метками для мониторинга складского инвентаря [12].
4	FIXAR	FIXAR Indoor возможно применять для инвентаризации складских помещений. Дрон обладает двумя камерами, ИК датчики, стробоскопами [13].

Как можно заметить, для реализации процесса инвентаризации склада при помощи дрона, в основном, применяются визуальные методы обнаружения штрих (qr) кодов при помощи камеры или специальных сканеров. Однако сам метод инвентаризации подразумевает ручное управление квадрокоптером оператором и не является оптимальным. Сейчас разрабатываются системы автономной инвентаризации при помощи дрона, когда оператор лишь задает область исследования и следит за процессом инвентаризации.

Для реализации автономной инвентаризации складских помещений необходимо обеспечить наличие инфраструктуры и системы связи квадрокоптера с базовой станцией и оператором [16].

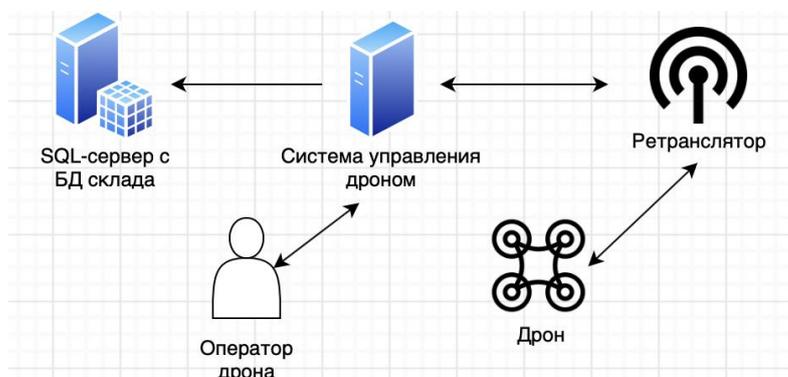


Рис. 1. Пример реализации системы инвентаризации склада

Оператор квадрокоптера осуществляет отправку команд на проверку определенных зон внутри склада, а также следит за осуществлением процесса инвентаризации, но не выполняет прямого



управления дроном [14]. Дрон в автономном режиме должен выполнить полет по заданной траектории и выполнить поиск меток для идентификации груза на стеллаже. Данная информация вместе с координатами должна быть отправлена в систему управления дроном, где оператор увидит найденные и распознанные метки в конкретных координатах, после чего информация будет отправлена на складской сервер с базой данных.

Для реализации автономного полета, квадрокоптер должен выполнить следующие задачи:

- выполнить автономный запуск двигателей и произвести взлет на заданную высоту;
- проследовать по заданному маршруту;
- выполнить автономную посадку и остановку двигателей.
- для реализации как одиночных ручных полетов при помощи оператора, так и для автономных полетов необходимо установить следующие компоненты:
 - полетный контроллер PX4 – подобный,
 - приемник дистанционного управления Flysky FS-A8S,
 - одноплатный компьютер Raspberry Pi 4,
 - специализированную широкоформатную камеру для Raspberry Pi 4 [12].

Данная конфигурация квадрокоптера позволяет использовать Raspberry Pi для того, чтобы запрограммировать автономный полет дрона. Чаще всего программа для автономного полета пишется на языке Python. Программа может получать телеметрию (заряд батареи, ориентацию, расположение и т.д.) и отправлять команды: полететь в точку, установить ориентацию, угловую скорость и другие функции. Для того чтобы указать координаты точки, в которую должен переместиться дрон, используется сервис `navigate` (прилететь в обозначенную точку по прямой).

```
import rospy
from clover import srv
from std_srvs.srv import Trigger
from mavros_msgs.srv import CommandBool
import math
import pigpio

rospy.init_node('flight')

get_telemetry = rospy.ServiceProxy('get_telemetry', srv.GetTelemetry)
navigate = rospy.ServiceProxy('navigate', srv.Navigate)
land = rospy.ServiceProxy('land', Trigger)
arming = rospy.ServiceProxy('mavros/cmd/arming', CommandBool)

def navigate_wait(x=0, y=0, z=0, yaw=float('nan'), speed=0.5, frame_id='', auto_arm=False, tolerance=0.20):
    navigate(x=x, y=y, z=z, yaw=yaw, speed=speed, frame_id=frame_id, auto_arm=auto_arm)

    while not rospy.is_shutdown():
        telem = get_telemetry(frame_id='navigate_target')
        #print(telem.z)
        if math.sqrt(telem.x ** 2 + telem.y ** 2 + telem.z ** 2) < tolerance:
            break
        rospy.sleep(0.2)
navigate(z = 1.5, frame_id = 'body', auto_arm = True)
rospy.sleep(5)

frame_id = ''
if dronepoint == '1':
    navigate_wait(x = 0.9, y = 0.9, z = 1.8, yaw = math.radians(90), frame_id = 'aruco_map', tolerance = 0.15)
    frame_id = 'aruco_105'
elif dronepoint == '2':
    navigate_wait(x = 2.7, y = 0.9, z = 1.8, yaw = math.radians(90), frame_id = 'aruco_map', tolerance = 0.15)
    frame_id = 'aruco_104'
else:
    land()
    rospy.sleep(4)
    arming = False

landing(frame_id)
rospy.sleep(3)
```

Рис. 2. Фрагмент исходного кода автономного полета квадрокоптера



Автономный полет позволяет в дальнейшем масштабировать систему инвентаризации и упростить данный процесс в целом, задавая лишь конкретные точки, в которых нужно определить тот или иной паллет, а также внедрить возможности группового полета дронов, что позволит увеличить скорость инвентаризации с управлением от одной базовой станции (системы управления дронами) и одного оператора квадрокоптеров.

Данное исследование проводится в ГУАП на базе лаборатории беспилотных авиационных систем Инженерной школы ГУАП при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (соглашение № FSRF-2020-0004 «Научные основы построения архитектур и систем связи бортовых информационно-вычислительных комплексов нового поколения для авиационных, космических систем и беспилотных транспортных средств»).

Заключение

Складская логистика – это рациональный взгляд на распределение, оформление и учет товаров, хранящихся на складе. Грамотно построенная складская логистическая система является одной из ключевых основ успешной работы предприятия, его развития и роста клиентуры. В ряде случаев, когда затраты на организацию подобной системы собственными силами оказываются слишком высоки для небольшого предприятия, имеет смысл отдать складские логистические функции на аутсорсинг.

Итак, основными отраслями, перспективными для роботизированных технологий, являются retail, fashion, beauty и FMCG. Интересно, что по словам директора по развитию Robosklad Сергея Максимова номенклатура food retail на 97% подходит для автоматизации. Ключевыми целями «больших» и «малых» роботов на складе эксперты называют: перемещение грузов, инвентаризацию, а также инспекцию складских/производственных помещений как на предмет несанкционированной деятельности, так и для мониторинга инженерных конструкций.

Дроны – то, что казалось лишь игрушкой – уже работают на складах, а по прогнозам будут использоваться в недалеком будущем пятой частью всех логистических компаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. АЭРОНЕТ. Ассоциация эксплуатантов и разработчиков беспилотных авиационных систем. URL: <https://aeronet.aero/> (дата обращения: 01.09.2020).
2. *Костин А.С.* Вопросы современного развития рынка беспилотных летательных аппаратов / А.С. Костин, Н.В. Богатов // Системный анализ и логистика. 2019. – № 4 (22). – С. 65-72.
3. *Костин, А.С.* Анализ пассажиропотока остановок городского транспорта на основе использования беспилотных авиационных систем / А.С.Костин, Н.Н.Майоров // Организация и безопасность дорожного движения: материалы XIII Национальной научно-практической конференции с международным участием (Тюмень, 19 марта 2020 г.). Тюмень: ТИУ, 2020. С. 367-371.
4. *Maiorov, N.N.* Forecasting the operational activities of the sea passenger terminal using intelligent technologies / N.N. Maiorov, V.A. Fetisov, S. Krile // Transport Problems. – 2018. – Vol.13 (Issue 1). – pp. 27-36. DOI: 10.21307/tp.2018.13.1.3.
5. Применение дронов в логистике: проблемы и перспективы [Электронный ресурс] // Склад и техника URL: <https://bit.ly/3bnZiYU> (дата обращения: 07.05.2021).
6. Складская логистика – виды, принцип работы, аренда, персонал [Электронный ресурс] // Складская логистика URL: <https://bit.ly/3tRVBRE> (дата обращения: 07.05.2021).
7. Что такое складская логистика и как грамотно управлять складом [Электронный ресурс] // Основные функции складской логистики URL: <https://bit.ly/3w7xccl> (дата обращения: 07.05.2021).
8. Использование дронов на складе [Электронный ресурс] // Columbus



- URL: <https://www.columbusglobal.com/ru/blog/ispolzovanie-dronov-na-skladah> (дата обращения: 07.05.2021).
9. Был бы дрон – а склад найдется [Электронный ресурс] // Логистика в России URL: <https://bit.ly/3uQsVee> (дата обращения: 07.05.2021).
 10. "Кимберли-Кларк" провела инвентаризацию склада с использованием дронов [Электронный ресурс] // Цифровая экономика URL: <https://bit.ly/3uQsVee> (дата обращения: 07.05.2021).
 11. UVL Robotics создала сервис по беспилотной инвентаризации и провела успешные работы на заводе PepsiCo [Электронный ресурс] // Robogeek URL: <https://bit.ly/3yee1j5> (дата обращения: 07.05.2021).
 12. Дроны MIT проводят инвентаризацию склада по RFID-меткам [Электронный ресурс]. // Robogeek URL: <https://bit.ly/2SI4Wyu> (дата обращения: 07.05.2021).
 13. Промышленные дроны для мониторинга помещений [Электронный ресурс] // Fixar URL: <https://bit.ly/3fbWIM0> (дата обращения: 07.05.2021).
 14. *Майоров, Н.Н.* Практические задачи моделирования транспортных систем / Н. Н. Майоров, В. А. Фетисов // Санкт-Петербург : ГУАП, 2012. - 185 с.
 15. Дроны в логистике. В каких сферах они уже летают? [Электронный ресурс] // Логистика URL: <https://bit.ly/3uQ1a11> (дата обращения: 07.05.2021).
 16. *Костин А.С., Богатов Н.В., Вознесенский Е.А., Майоров Н. Н.* Исследование маршрутизации полетных заданий беспилотных авиационных систем для операционных складских задач // Аэрокосмическое приборостроение и эксплуатационные технологии: Вторая Международ. науч. конф. (СПб., 9-22 апреля 2021г.): сб. докл. – СПб.: ГУАП, 2021. – 355с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Костин Антон Сергеевич —

аспирант кафедры системного анализа и логистики

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: anton13258@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Kostin Anton Sergeevich —

graduate student of the Department of System Analysis and Logistics

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: anton13258@mail.ru