

DRONE

Состояние отрасли: доставка дронами для электронной коммерции в Казахстане, часть 1

Freedom X Project, Freedom Labs, 08.01.2026

HOUSE 24,3C

24.3°C

X: 1742 Y: 31 Z: 56

X: 772.01 Y: 3.3 Z: 51

BUILDING 22.3C

X: 5.669,475 Y: 47.7C

Содержание:

[Введение](#)

[Аналитическая записка](#)

[Преимущества логистических дронов](#)

[Регуляtorика](#)

[Краткий прогноз](#)

[Рекомендации](#)

[Экономика и юнит-экономика](#)

[Пропускная способность](#)

[Издержки на одну доставку](#)

[Анализ юнит-экономики](#)

[Технологический ландшафт](#)

[Батареи](#)

[Физический ИИ](#)

[Сенсоры и коммуникации](#)

[Идеальный дрон](#)

[Заключение](#)

[Приложения](#)

[Расчёт времени на взлёт-снижение](#)

[Расчёт времени на полёт в обе стороны](#)

[Источники](#)

Введение

Электронная коммерция в Казахстане продолжает менять ландшафт: ежедневно совершается более 100 000 доставок еды из ресторанов, и ещё несколько сотен тысяч доставок¹ из различных маркетплейсов и интернет-магазинов. Индустрия логистических дронов в Казахстане может внести существенный вклад в развитие экономики, ослабив давление мопедов и самокатов на дороги Алматы и Астаны, улучшив ситуацию с выхлопами, а также снизив цены и время доставки для пригородов.

Freedom Labs, инновационное подразделение Freedom Holding Corp., запускает серию публикаций о доставке дронами и делится инсайтами, полученными за 11 месяцев исследований и внедрения в реальные операции. Начнём с экономики и кратко затронем технологический ландшафт.

Аналитическая записка

Доставку дронами вполне реально запустить в промышленную эксплуатацию уже сегодня, применив имеющиеся технологии для автономного полёта по маршруту, автоматической разгрузки при помощи лебёдки и более точного позиционирования при взлётах, посадках и разгрузках. Решения, позволяющие запустить такой сервис доставки, можно приобрести на рынке.

Преимущества логистических дронов

Логистические дроны позволят сделать доставку товаров до потребителей дешевле и более массовой, чем традиционная курьерская доставка. При этом можно избавиться от присущих ей недостатков:

- повысить скорость и надёжность доставки за счёт прямых маршрутов по воздуху;
- снизить стоимость доставки за счёт экономии на оплате ручного труда;
- расширить географию доставок за счёт охвата районов проживания с низкой плотностью населения и отдалённых мест, которые труднодоступны для наземного транспорта.

¹ Рынок розничной электронной коммерции в Республике Казахстан. Анализ за 12 месяцев 2024 года – Strategy& (2025)

Регуляtorика

Нормативная база в Казахстане уже регулирует сферу доставки дронами². Чтобы запустить сервис доставки по требованиям регулятора, выражаясь в терминах автотранспортной отрасли, нужны: "тех. паспорт", "гос. номер", "права", "лицензия" и согласования маршрутов.

Мы ещё не достигли полной автономности, чтобы совсем исключить человека из процесса. К тому же регуляторика пока не разрешает работу автономной доставки в тёмное время суток, чтобы сделать процесс доставки круглосуточным и массовым.

Краткий прогноз

Мы верим в ближайшее бурное развитие рынка логистических дронов. Рост рынка случится по аналогии с тем, что произошло на рынке агродронов и авиахимработ за последние два года (рынок вырос в разы). Технологии в области робототехники, а точнее "физический ИИ" и новые типы литий-ионных батарей для электротранспорта, окажут наибольшее влияние на мировой рынок в перспективе ближайших 3-х лет.

Рекомендации

Сегодня при выборе решений следует осторожно подходить к **техническим характеристикам** дронов, заявленным производителями. Показатели дальности и времени полётов на практике могут быть значительно меньше заявленных.

Отдельные операции в работе дронов могут требовать ручного вмешательства оператора, которое можно выразить в виде отношения количества дронов, выполняющих полёты, на количество операторов, которые их контролируют во время полётов. Ручное вмешательство необходимо автоматизировать или, другими словами, повышать **степень автономности** дронов при выполнении доставок.

Технические характеристики и степень автономности могут критически отразиться на юнит-экономике доставки дронами.

Юнит-экономика

Спрос на курьерскую доставку товаров будет продолжать расти. За 2024 год стоимость одной доставки курьером в среднем по Казахстану выросла на 20%. Например, в 2025 году в г. Алматы средняя стоимость одной доставки курьером в пределах города

² Правила эксплуатации беспилотных летательных аппаратов в воздушном пространстве Республики Казахстан, утверждённые 31 декабря 2020 года

составляет около 2500 тенге. Мы не видим макроэкономических факторов, которые помешают росту стоимости. "Предложение" не успевает за "спросом", особенно в пиковые часы, что приводит к удорожанию рабочей силы.

При этом удешевление технологий автономной доставки приведёт к тому, что сначала в отдельных случаях, а затем и более масштабно автономная доставка сравняется со стоимостью курьерской доставки или станет дешевле.

Чтобы понять, когда и как это произойдёт, мы составили модель юнит-экономики доставки дронами на начальной стадии, где оценили издержки на одну доставку и посчитали пропускную способность на один дрон. На последующих стадиях развития повышение степени автономности дронов **снизит стоимость доставки в 3,5 раза**.

Допущения и прогнозы, использованные в приведенных расчетах юнит-экономики, варьируются от пессимистичных до реалистичных, и основаны на наших полевых испытаниях и тестах.

Пропускная способность

Сколько доставок может делать дрон за один час?

Разобьём тайминг одной доставки на этапы и подставим примерные средние значения времени, которые мы увидели в ходе тестов:

1. Предполётная подготовка: 1 мин.
2. Ожидание сборки заказа: 2 мин.
3. Погрузка заказа: 1 мин.
4. Взлёт-снижение: 2,2 мин.³
5. Полёт в обе стороны: 6,7 мин.⁴
6. Разгрузка заказа: 1 мин.
7. Замена батарей: 2 мин.
8. Послеполётная проверка: 1 мин.

Таким образом, время, необходимое для выполнения одной доставки составляет **16,9 минуты**. При непрерывной работе пропускная способность на один дрон составит в среднем **3,6 доставки в час**.

³ Высота полёта – 100 м, скорость взлёта-снижения – 3 м/с (см. приложение "Расчёт времени на взлёт-снижение")

⁴ Радиус доставки – 2000 м, скорость – 10 м/с (см. приложение "Расчёт времени на полёт в обе стороны")

График "Тайминг одной доставки по этапам"



Основные факторы, влияющие на пропускную способность – это **радиус доставки** и **средняя скорость** полёта "по горизонтали". Например:

- увеличение радиуса доставки в 2 раза с 2 до 4 км приводит к увеличению времени доставки на 39 % и снижению пропускной способности на 28 %;
- повышение скорости полёта в 1,5 раза с 10 до 15 м/с приводит к сокращению времени доставки на 13 % и повышению пропускной способности на 15 %.

При планировании следует учитывать реальные технические характеристики дронов, рельеф местности и метеорологические условия на данной местности в течение всего года. Данные условия сильнее всего, по нашему мнению, могут влиять на радиус доставки и среднюю скорость.

Издержки на одну доставку

Сколько стоит одна успешная доставка дроном на дистанцию в 2 км?

Основные компоненты издержек:

- фонд оплаты труда операторов;
- амортизация дронов;
- стоимость технического обслуживания;
- расходы на электроэнергию для заряда батарей;
- расходы на страхование.

Стоимость доставки по большей части зависит от количества доставок, выполняемых с участием одного сотрудника, а также от стоимости дронов и батарей.

Посчитаем стоимость одной доставки по формуле:

$$\text{Delivery cost} = (\text{Daily fixed costs} + \text{Daily variable costs}) \div \text{Deliveries per day}$$

где:

- *Delivery cost* – это стоимость одной успешной доставки;
- *Daily fixed costs* – ежедневные фиксированные издержки, включающие в себя, в основном, фонд оплаты труда операторов;
- *Daily variable costs* – ежедневные переменные издержки, состоящие из:
 - ежедневной суммы амортизации батарей, срок службы – 1 год или 240 полетных дней (по 20 дней в месяц в среднем);
 - ежедневной суммы амортизации дронов, срок службы – 5 лет по 240 полетных дней;
 - ежемесячные абонентские платы за 4G-связь для дронов, интернет для места базирования дронов, в перспективе – за пользование региональной UTM-системой.
- *Deliveries per day* – успешное количество доставок в день, рассчитываемое как "целевое количество доставок в день", умноженное на success rate, зависящий от погодных условий и других факторов, влияющих на полеты.

Расчёты юнит-экономики сделаны, исходя из следующих **стартовых условий**:

- 20 полётных дней в месяц;
- 100 доставок в день;
- 6 ч работы в день;
- 17 доставок в час всего;
- 3,6 доставки в час на 1 дрон (пропускная способность, в среднем);
- 0,5 дрона на 1 оператора (низкая степень автономности);
- **9 операторов;**
- **4,7 дрона.**

Примерный расчёт стоимости одной доставки в этих условиях выглядит так:

$$Delivery\ cost = (341\ 623 + 213\ 733) \div 100 = 5554$$

Таким образом, одна доставка дроном при минимальной начальной нагрузке в 100 доставок в день стоит **5554 тенге**.

Фиксированные издержки – 341 623 тенге – в основном состоят из **фонда оплаты труда операторов дронов** и административного персонала с налогами и отчислениями, а также из административных расходов на эту деятельность.

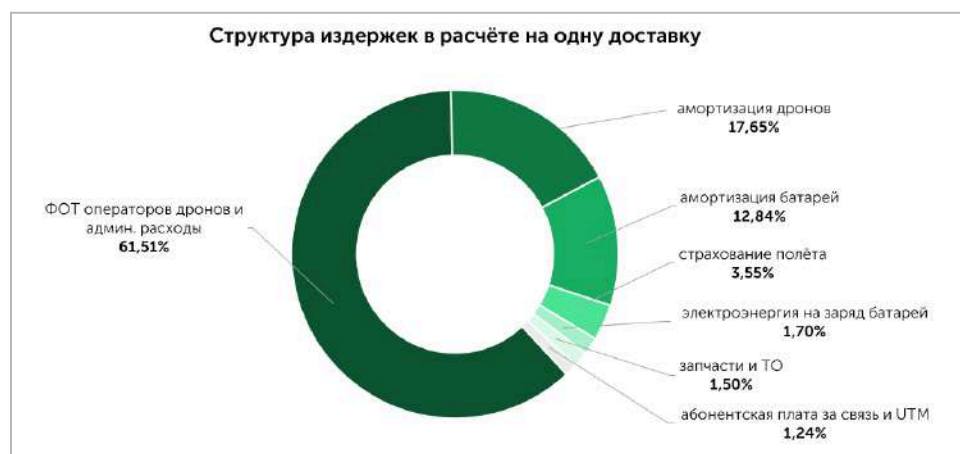
Фонд оплаты труда операторов на старте проекта исчисляется, исходя из соотношения **"2 оператора на 1 дрон"**.

Стоит учитывать, что мы не включили в свой расчёт стоимость аренды помещений и другие возможные издержки.

Переменные издержки в расчёте на одну доставку (при количестве 100 доставок это 2137 ₹) состоят из следующих подстатей расходов:

- электроэнергия на заряд батарей: 94,54 ₹;
- запчасти и ТО: 83,33 ₹;
- амортизация батарей: 713,20 ₹;
- амортизация дронов: 980,38 ₹;
- абонентская плата за связь и UTM: 68,70 ₹;
- страхование полёта: 197,18 ₹.

График "Структура издержек в расчёте на одну доставку"



В суммы амортизации заложены **стартовые условия**: в среднем по 3 батареи на дрон и 4,7 дрона на 100 доставок в день.

Стоимость дронов с батареями, количество батарей на один дрон, срок службы дронов и батарей сильнее всего влияют на переменную часть стоимости одной доставки.

Также не стоит недооценивать **степень технологичности самих дронов и батарей**, при которой, кроме вышеуказанных факторов, может меняться и соотношение "2 оператора на 1 дрон". Это соотношение напрямую влияет на фиксированные издержки и может меняться в сторону уменьшения количества операторов и увеличения количества дронов, которыми они управляют.

Анализ юнит-экономики

При пропускной способности в размере "3,6 доставки в час на 1 дрон" потребуется в среднем 4,7 дрона и 9 операторов, чтобы выполнять 17 доставок в час (100 доставок в день при 6-часовом периоде полётов). При этом стоимость одной доставки – 5554 тенге.

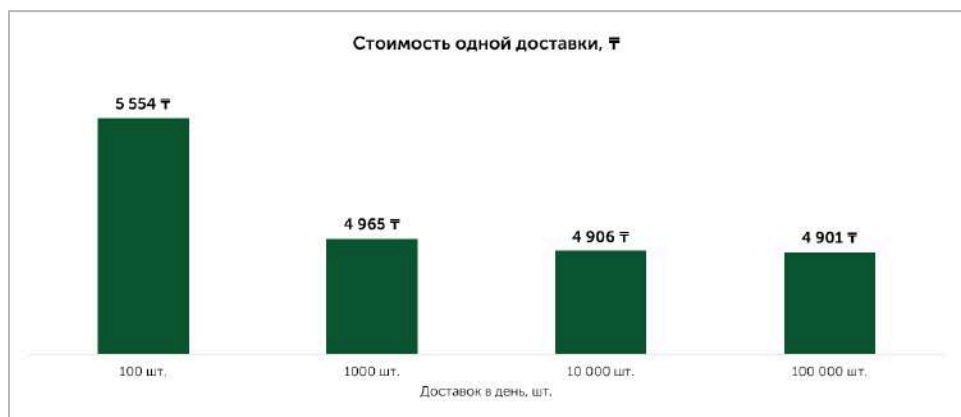
Как поменяется стоимость одной доставки при росте количества доставок?

Таблица "Зависимость стоимости одной доставки от количества доставок в день"

Доставок в день	Стоимость одной доставки
100 шт.	5554 ₸
1000 шт.	4965 ₸
10 000 шт.	4906 ₸
100 000 шт.	4901 ₸

При росте от 100 до 1000 доставок в день стоимость одной доставки за счёт эффекта масштаба в юнит-экономике снижается быстрее, чем при росте от 1000 до 10 000 доставок в день. Заметно, что снижение стоимости доставки только за счёт увеличения количества доставок упирается в некий предел, в данном случае ~4900 тенге.

График "Зависимость стоимости доставки от количества доставок"



Какие факторы сильнее всего влияют на возможность снижения стоимости одной доставки?

Таблица "Зависимость стоимости одной доставки от факторов"

Полётных дней в месяц	Доставок в день	Длительность работы в день	Дронов на оператора	Стоимость одной доставки
20 дн.	100 шт.	6 ч	0,5 шт.	5554 ₸
20 дн.	100 шт.	6 ч	1 шт.	3998 ₸
20 дн.	100 шт.	6 ч	5 шт.	2753 ₸
30 дн.	1000 шт.	8 ч	5 шт.	1576 ₸
30 дн.	1000 шт.	8 ч	20 шт.	1459 ₸

Мы видим по нашим расчётам, и исследования⁵ предыдущих лет это подтверждают, что ключевое влияние на стоимость доставки оказывает отношение количества дронов, выполняющих полёты, на количество операторов, которые их контролируют во время полётов. Очевидно, чем больше дронов может контролировать один оператор, тем ниже стоимость одной доставки. Фонд оплаты труда переходит из разряда переменных издержек (курьеры) в разряд фиксированных издержек (операторы дронов).

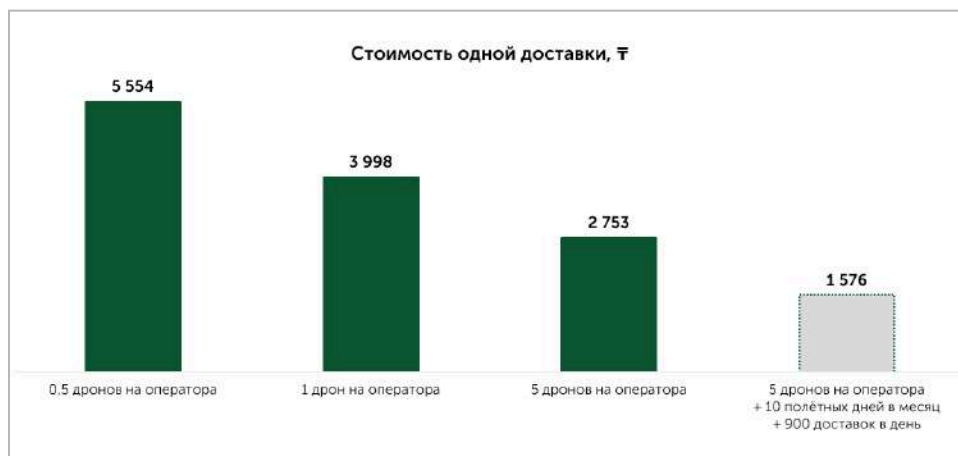
К примеру, при увеличении отношения с 0,5 до 5 дронов на 1 оператора стоимость одной доставки падает практически в 2 раза – с 5554 тенге **до 2753 тенге**.

При экстенсивных мерах по увеличению количественных факторов и масштабировании доставок стоимость снизится ещё сильнее – с 2753 тенге **до 1576 тенге** или в 3,5 раза по сравнению с 5554 тенге на начальной стадии.

К 2030 году, по прогнозам в исследованиях, отношение количества дронов к количеству операторов должно увеличиться до 20 дронов на 1 оператора. Тогда стоимость доставки снизится с 1576 тенге **до 1459 тенге**.

⁵ Drone Deliveries: Taking Retail and Logistics to New Heights – PwC (2024), Drones take to the sky, potentially disrupting last-mile delivery – McKinsey (2023)

График "Зависимость стоимости доставки от факторов"



Если учесть, что размеры фиксированных издержек с ростом масштаба меньше влияют на стоимость одной доставки, а также в абсолютном выражении с развитием технологий тоже могут снизиться, стоимость одной доставки может снижаться и дальше.

Повысить количество дронов на одного оператора позволит технологическое развитие решения в направлении повышения **степени автономности дронов**.

Технологический ландшафт

Вне зависимости от типа конструкции, по нашему мнению, на автономность дронов сильнее всего влияют:

- батареи, доступные на рынке, их энергоёмкость и химический состав;
- автопилот или актуальный сегодня "физический ИИ";
- сенсоры и коммуникации.

Кратко рассмотрим текущее состояние каждой группы технологий и технические требования.

Батареи

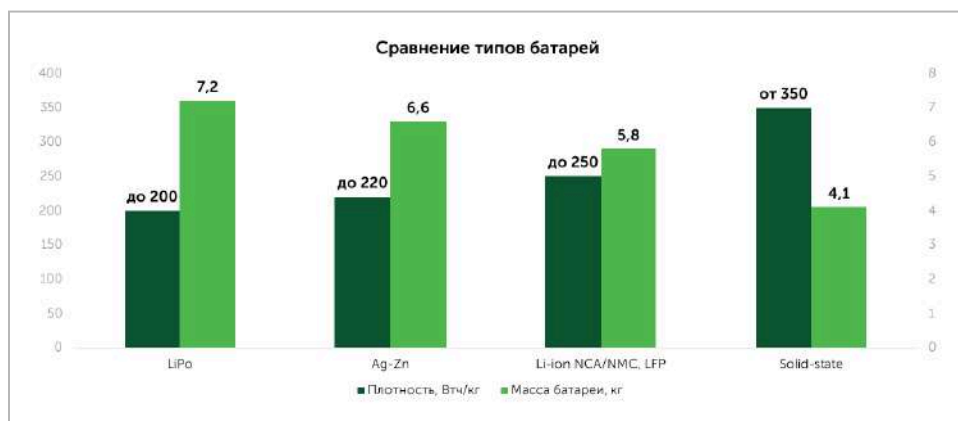
Радиус доставки и грузоподъёмность определяются энергоёмкостью батарей, которая в основном зависит от их химического состава.

Таблица "Распространённые химические составы батарей для дронов"

Обозначение	Описание	Плотность, Втч/кг	Масса батарей ⁶ , кг
LiPo	литий-полимерные	до 200	≈7,2
Ag-Zn	серебряно-цинковые	до 220	≈6,6
Li-ion NCA/NMC, LFP	литий-ионные	до 250	≈5,8
Solid-state	твердотельные литий-ионные	от 350	≈4,1

Литий-полимерные и серебряно-цинковые батареи не подходят для применения в современных решениях по доставке дронами из-за своей высокой массы в первом случае и высокой стоимости – во втором.

График "Сравнение типов батарей"



Наиболее подходящие батареи сегодня – литий-ионные с применением никеля и кобальта в материалах катодов.

Наиболее перспективные батареи в ближайшие годы – это **твердотельные литий-ионные батареи (solid-state)**. Дроны на таких батареях смогут доставлять заказы значительно дальше, а увеличенная скорость зарядки позволит снизить капиталовложения.

Ряд компаний, включая CATL, Factorial, Ilika, ProLogium, QuantumScape и Solid Power, инвестируют в разработку технологий массового производства батарей данного типа. Согласно нашему прогнозу, их внедрение в 2026–2030 годах приведёт к существенным

⁶ Примерная масса, из расчёта на напряжение 48 В и ёмкость 30 Ач (1,44 кВт/ч)

изменениям на рынках транспортных средств, автономной мобильности и робототехники.

Физический ИИ

Энергия батарей может быть направлена не только на увеличение радиуса доставки и грузоподъемности, а ещё и на повышение степени автономности дронов за счёт установки на них специальных ИИ-компьютеров. Данные компьютеры и технологии в области физического ИИ ("Physical AI") позволят создать дроны с **более высокой степенью автономности**, которая позволит повысить отношение количества дронов на оператора до 5:1, 10:1, 20:1 и далее.

Какие возможности потребуется внедрить посредством ИИ для повышения безопасности и степени автономности дронов для доставки:

- обнаружение статических и движущихся объектов в реальном времени для автоматизации выбора места разгрузки, безопасного взлёта-посадки и облёта препятствий;
- визуальная навигация, для управления полётом в условиях потери связи, принятие решений о посадке и выбор места для безопасной экстренной посадки;
- система анализа состояния дрона, самодиагностика;
- интеллектуальный контроль лебёдки для динамической подстройки длины троса.

Сенсоры и коммуникации

Какими аппаратными возможностями должен обладать современный дрон для доставки грузов:

- связь с GNSS⁷, с использованием технологии RTK⁸ для навигации сантиметровой точности;
- лебёдочная система с возможностью подъёма и спуска груза, а также мерами, предотвращающими падение при зацеплении троса;
- эффективная быстрая зарядка и быстрая замена батарей;
- интеграция с UTM⁹-системами;

⁷ GNSS – global navigation satellite system, общее понятие для спутниковых система навигации GPS, GLONASS, BeiDou, Galileo и т.п.

⁸ RTK – real-time kinematic, технология, позволяющая скорректировать ошибки позиционирования, присущие GNSS, и снизить погрешность в точности позиционирования с 3-4 метров до 3-4 сантиметров, примерно.

⁹ UTM – unmanned aircraft systems traffic management system, класс информационных систем, позволяющих осуществлять автоматизированную диспетчеризацию беспилотных авиационных систем, а в более широком смысле – экосистема для совместной работы участников воздушного движения на малых высотах.

- защита корпуса не ниже уровня IP55, работа при температурах –20...+45, работа в несильный дождь и снег;
- модем для связи с интернетом, с резервированием канала;
- инерциальная система навигации на борту: акселерометр для высоких значений перегрузки, барометр с высокой чувствительностью, гироскоп;
- стереокамера для машинного зрения.

Идеальный дрон

Сегодня идеальный автономный дрон для доставки с точки зрения технологии – это лёгкая, энергоэффективная платформа на базе твердотельных батарей, оснащённая физическим ИИ для автономной визуальной навигации, самодиагностики в ходе полёта и безопасного управления разгрузкой.

Дрон должен быть также оснащён комплексом сенсоров авиационного уровня для инерциальной навигации, а также избыточным набором средств коммуникаций для связи с управляющими системами, UTM-системами и RTK-сервисами.

Такой дрон будет обеспечивать высокую пропускную способность, благодаря **высокой степени автономности**.

Заключение

В следующих публикациях мы более глубоко погрузимся в анализ конструкции дронов, регуляtorику и ИТ-решения для рынка доставки дронами (UTM).

Рассмотрим поближе, какое влияние логистические дроны могут оказать на рынок электронной коммерции в Казахстане. Дадим наш прогноз по развитию рынка автономной доставки в следующие 5 лет.

Приложения

Расчёт времени на взлёт-снижение

Время на взлёт-снижение в минутах рассчитано по формуле:

$$Time_{climb \& \ descent} = (Altitude \times 4) \div Speed_{climb \& \ descent} \div 60$$

где:

- $Time_{climb \& \ descent}$ – это время на взлёт-снижение;
- $Altitude$ – это высота полёта, которая у нас составляет в среднем **100 метров**;
- $Speed_{climb \& \ descent}$ – это средняя скорость набора высоты и снижения, которая у нас составляет в среднем **3 метра в секунду**.

Расчёт по этой формуле выглядит так:

$$Time_{climb \& \ descent} = (100 \times 4) \div 3 \div 60 \approx 2,2$$

Таким образом, на взлёт и снижение потребуется примерно **2,2 минуты**.

Расчёт времени на полёт в обе стороны

Посчитаем время на полёт в обе стороны по формуле:

$$Time_{horizontal \ flight} = (Distance \times 2) \div Speed_{horizontal \ flight} \div 60$$

где:

- $Time_{horizontal \ flight}$ – это время полёта "по горизонтали";
- $Distance$ – это средняя дистанция доставок (радиус доставки), которая в наших расчётах составляет **2000 метров**;
- $Speed_{horizontal \ flight}$ – это средняя скорость полёта "по горизонтали", которая у нас составляет в среднем **10 метров в секунду**.

Расчёт по этой формуле выглядит так:

$$Time_{horizontal \ flight} = (2000 \times 2) \div 10 \div 60 \approx 6,7$$

Таким образом, на полёт по дистанции в обоих направлениях потребуется примерно **6,7 минуты**.

Источники

Рынок розничной электронной коммерции в Республике Казахстан. Анализ за 12 месяцев 2024 года – Strategy& (2025),

<https://www.pwc.com/kz/en/publications/e-commerce/pdf/e-commerce-12m2024-rus.pdf>

О внесении изменений в приказ исполняющего обязанности Министра индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан от 31 декабря 2020 года № 706 "Об

утверждении Правил эксплуатации беспилотных летательных аппаратов в воздушном пространстве Республики Казахстан", <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2300032476#z8>

Drone Deliveries: Taking Retail and Logistics to New Heights – PwC (2024),
<https://cee.pwc.com/drone-powered-solutions/drone-deliveries-taking-retail-and-logistics-to-new-heights.html>

Drones take to the sky, potentially disrupting last-mile delivery – McKinsey (2023),
<https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/future-air-mobility-blog/drones-take-to-the-sky-potentially-disrupting-last-mile-delivery>