

Машин В.А.

## Корпорация Boeing: эволюция культуры безопасности. Часть 2

Машин Владимир Анатольевич - Старший научный сотрудник Обнинского научно-исследовательского центра «Прогноз». Кандидат психологических наук.

E-mail: [mashin-va@mail.ru](mailto:mashin-va@mail.ru)

13 марта 2019 года FAA вынуждено было приостановить полёты 737 MAX вслед за регуляторами Китая, Евросоюза и Канады (всего к этому моменту Boeing поставил 387 самолётов данного типа почти 50-ти авиаперевозчикам, которые использовали 737 MAX для 8600 рейсов в неделю). Цена акций Boeing упали на 20%. 29 января 2020 года Boeing опубликовала отчёт и впервые в новом тысячелетии объявила об отрицательной операционной прибыли (убытках) в 2019 году в размере 1,98 млрд долларов (2018 год корпорация закончила с операционной прибылью в размере 11,99 млрд долларов). Портфель невыполненных заказов, включая более 5,4 тыс. пассажирских самолётов, составил 463 млрд долларов [1]. В январе 2020 года корпорация в первые с 1962 года не получила ни одного нового заказа на самолёты. Её конкурент, корпорация Airbus, напротив, сообщила о самом большом объёме новых заказов за 15 лет: 274 самолёта [2]. Общий долг Boeing в 2019 году удвоился, составив 28,5 млрд долларов и продолжил стремительно расти, достигнув своего максимума в 2020 году – 64,9 млрд долларов. С 2019 года корпорация Boeing фиксирует в своей финансовой отчётности операционные убытки, отрицательные значения собственного капитала (долги превысили активы) и почти четырёхкратный рост общего долга (см. рисунок 2).

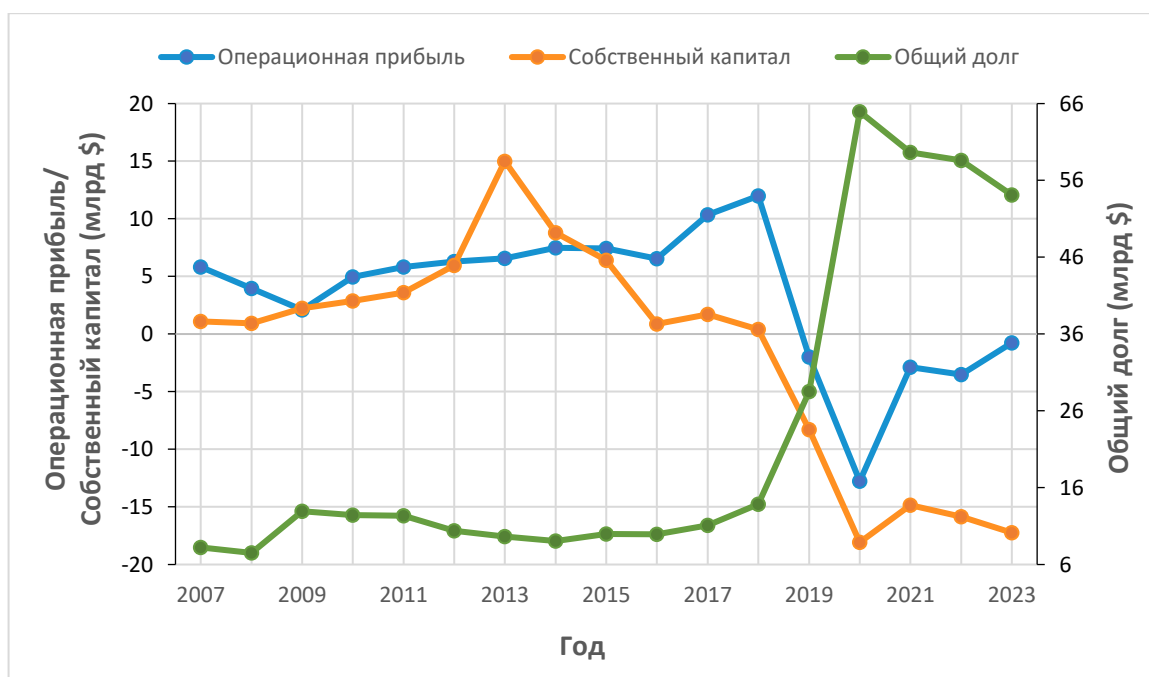


Рисунок 2. Динамика операционной прибыли, собственного капитала и общего долга корпорации Boeing (The Boeing Company Annual Reports)

В конце декабря 2019 года был уволен очередной генеральный директор Boeing Д. Меленберг, менее через год после того, как ведущий профильный журнал Aviation Week назвал его «Человеком года – 2018». Его пост занял Дэвид Кэлхун, имевший степень бакалавра в области бухгалтерского учёта и проработавший 26 лет в GE.

Лишь через 20 месяцев 18 ноября 2020 года 737 MAX сможет вернуться в эксплуатацию после тщательной повторной сертификации, которая включала свыше 60 тыс. часов проверок, испытаний и оценок специалистами FAA выполненных Boeing изменений, а также около 50 часов лётных испытаний и испытаний на тренажёре FAA, и более 4000 часов заводских испытательных полётов и испытаний на тренажёрах Boeing [3].

По результатам расследования двух авиакатастроф, проведённым Комитетом по транспорту и инфраструктуре Палаты представителей Конгресса США, были определены ряд проблемных областей, повлиявших на безопасность 737 MAX [4].

### ***Система улучшения характеристик маневрирования (MCAS)***

Система MCAS была впервые реализована корпорацией Boeing на топливозаправщике BBC США KC-46A Pegasus, разработанного на базе Boeing 767, но имела существенные различия с MCAS для 737 MAX. На топливозаправщике KC-46 система MCAS получила разрешение перекладки стабилизатора только один раз, а не многократно, как это было предусмотрено на 737 MAX. На KC-46 системе MCAS были предоставлены лишь ограниченные полномочия для опускания носа самолёта вниз, что облегчало пилотам, в случае необходимости, брать управления на себя. Пилоты могли легко отключить работу системы. Кроме этого, MCAS на KC-46 анализировала входные данные от двух датчиков угла атаки, а не от одного, как на 737 MAX [4].

В 2012 году Boeing приступила на тренажёре 737 MAX к испытаниям разработанной для него системы продольной балансировки MCAS. 1 ноября 2012 года пилоту-испытателю Boeing потребовалось более 10 секунд, чтобы отреагировать на ошибочную повторяющуюся активацию MCAS, моделируемую на тренажёре. Эту ситуацию опытный пилот оценил как «катастрофическую» по последствиям, если бы она произошла во время реального полёта (гибель экипажа и пассажиров, потеря самолёта). Лишь 8 июля 2015 года в одном из документов корпорации впервые упоминается крайне медленная реакция пилота-испытателя на нештатную работу системы MCAS, и приводится ожидаемое, согласно FAA, время реагирования пилотов на подобное отклонение около 4 секунд (время на распознавание и необходимые действия). Boeing в последующем 6 раз ссылалась на данные испытаний 2012 года во внутренних документах, но никогда не делилась этой информацией с FAA, авиакомпаниями или пилотами 737 MAX. Эти данные, согласно

отчёту комиссии Конгресса США, должны были привести к тщательной проверке влияния на пилотов многократной автоматической активации MCAS, к повышению требований к обучению пилотов для быстрого распознавания и реагирования на подобные ситуации, но были просто проигнорированы [4].

С самого начала создания 737 MAX для избежания увеличения стоимости проекта и снижения сроков сертификации и обучения пилотов, корпорация намеренно стремилась к тому, чтобы система MCAS не была определена как новая функция. 7 июня 2013 года сотрудники Boeing разработали стратегию для достижения этой цели. В частности, MCAS была представлена FAA и Европейскому агентству безопасности полётов (EASA) как простое программное расширение функций существующей системы улучшения устойчивости по скорости (Speed Trim System – управление стабилизатором на малых скоростях для предотвращения риска сваливания). Это позволило снизить требования к сертификации MCAS и подготовке пилотов. В итоге MCAS не стала приоритетной областью сертификации FAA, и критически важная для безопасности полётов система не получила должного внимания со стороны инженеров Boeing и FAA [4].

#### ***Использование MCAS данных только от одного датчика угла атаки***

В 2016 году инженеры и пилоты-испытатели Boeing неоднократно во внутренней электронной переписке выражали обеспокоенность по поводу использования системой MCAS данных только от одного датчика угла атаки, а также в отношении влияния ошибочных данных ДУА на систему и способность пилотов правильно реагировать на многократное срабатывание MCAS. Эти опасения либо не были должным образом изучены, либо просто проигнорированы или отклонены, как не имеющие отношения к безопасности. Из-за отсутствия формальных требований сообщать регулятору о таких опасениях, Boeing решил не передавать информацию о них FAA. Даже после авиакатастрофы рейса JT610 авиакомпании Lion Air 29 октября 2018 года корпорация отказывалась признать, что в системе MCAS были серьёзные технические проблемы, вызванные проектными решениями, и что пилоты 737 MAX нуждались в углублённой подготовке по данной системе [4].

Электронная переписка сотрудников указывает об отсутствии понимания функционирования системы MCAS даже среди специалистов Boeing. В одном из писем один из инженеров ответил на озабоченность уполномоченного представителя FAA в отношении MCAS, что при получении ошибочных данных от датчика угла атаки система «немедленно отключается». В последующем неверные данные ДУА станут основным фактором, повлиявшим на обе авиакатастрофы 737 MAX, и в обоих случаях система MCAS не отключилась.

Использование MCAS данных только от одного датчика означало, что если он ошибочно указывает на высокие значения угла атаки, система будет с интервалом 5 секунд подавать команды на электродвигатель стабилизатора, опуская каждый раз в течение 10 секунд нос самолёта вниз, если пилот не знает, как отключить эту систему. При проектировании MCAS для 737 MAX из-за отсутствия аппаратного резервирования был нарушен важнейший для обеспечения безопасности принцип единичного отказа, в соответствии с которым выход из строя одного датчика не должно нарушить работу всей системы [4].

Обнародование данного факта в 2019 году вызвал широкую критику среди специалистов, которым хорошо была известна уязвимость к отказам датчиков угла атаки. С 2004 по 2018 год FAA получило не менее 216 сообщений о выходе из строя ДУА или необходимости их ремонта, замены или калибровки. Приблизительно пятая часть этих сообщений касалась происшествий с самолётами Boeing, включая аварийные посадки из-за неисправности датчиков. В 2013 и 2016 году FAA выпустило две директивы лётной годности для различных моделей Boeing, касательно ДУА. Таким образом, корпорация была хорошо осведомлена о проблемах с ДУА, но отказалась от лётных испытаний влияния отказа датчика ДУА на работу системы MCAS и действия пилотов [4].

Специалистами Boeing была выполнена оценка рисков функционального отказа MCAS и времени реагирования пилотов на него, которая показала отсутствие опасностей, требующих дополнительно использовать второй датчик. Группа технических экспертов пришла к выводу, что лётный экипаж сможет справиться с данной ситуацией в течение 10 секунд, используя хорошо известные методы и процедуры пилотирования для самопроизвольной перекладки стабилизатора. Однако рассмотренная экспертами нештатная ситуация не включала в себя такого множества одновременных и, казалось бы, не связанных между собой оповещений и отклонений в показаниях приборов в кабине пилотов, которые сопровождают многократную активацию MCAS, вызванную неисправностью датчика угла атаки. Влияние такого информационного потока на способность пилотов правильно реагировать в подобной ситуации не было проанализировано ни в ходе функциональной оценки безопасности систем, ни в ходе испытаний на тренажёре [4].

Показательно в этом плане поведение пилотов во время трагического рейса ET302 авиакомпании Ethiopian Airlines 10 марта 2019 года. Следователи выяснили, что пилоты были ознакомлены с бюллетенем Boeing (TBC-19 [5]) и директивой FAA (AD 2018-23-51 [6]), в которых были представлены действия по реагированию на неконтролируемую перекладку стабилизатора в крайнее положение из-за ошибочного сигнала о высоком

значении угла атаки с одного из датчиков. Записи бортовых самописцев позволили детально восстановить функционирование систем и действия пилотов 10 марта 2019 года.

В 08:38:34 рейс ET302 совершил отрыв от земли. Разбег и взлёт авиалайнера прошли штатно, включая нормальные значения левого и правого датчиков угла атаки.

В 08:38:44 показания датчиков стали расходиться. Значения левого датчика (подключённого к MCAS) уменьшились до  $11,1^\circ$ , затем стали увеличиваться. Максимальные показания левого датчика достигали  $74,5^\circ$ , при этом правого –  $15,3^\circ$ . Различия между ними колебались в диапазоне  $49^\circ \div 59^\circ$ . Из-за ошибочных значений левого ДУА произошло расхождение в показаниях высоты и скорости с левого и правого борта; включился механизм тряски левой рулевой колонки (штурвала), предупреждая об опасности сваливания самолёта. Командир два раза безуспешно пытался включить автопилот, не понимая, что происходит. (На всех 737 MAX авиакомпании Ethiopian Airlines оповещение о рассогласовании показаний датчиков угла атаки отсутствовало [4, 7].)

В 08:39:23 автопилот был наконец включён, но через 33 секунды автоматически отключился. На PFD дисплеях отображалась непонятная динамика показателей высоты, скорости и тангажа (угол между продольной осью самолёта и горизонтальной плоскостью), обусловленная ошибочными значениями левого ДУА.

В 08:39:59 командир принимает решение вернуться в пункт вылета из-за проблем с управлением полётом.

В 08:40:00 закрылки самолёта были убраны, автопилот не работал и по ошибочным данным левого ДУА активируется система MCAS, посылая в течение 9 секунд команду электроприводу стабилизатора опустить нос самолёта. В течение 3 секунд в кабине звучит предупреждение «GPWS DON'T SINK» («не опускать нос, опасная близость земли»). На PFD дисплеях появилось сообщение «PULL UP» («поднять нос»).

С 08:40:14 командир в течение 2 секунд воздействовал на кнопки электропривода стабилизатора на штурвале для поднятия носа самолёта. Заметим, что во время любой перекладки горизонтального стабилизатора электроприводом (системой MCAS или пилотами), с характерным трескающим звуком начинают вращаться два барабана ручного управления стабилизатором (один – справа от командира, другой – слева от второго пилота).

В 08:40:22 произошло второе автоматическое опускание носа самолёта системой MCAS. Вновь прозвучал сигнал «GPWS DON'T SINK», а на PFD дисплеях появилось сообщение «PULL UP».

С 08:40:28 командир в течение 9 секунд повторно попытался поднять нос самолёта через кнопки управления стабилизатором на штурвале. После этого сигнал предупреждения о близости земли пропал. В этот период второй пилот два раза предложил выключить электропривод стабилизатора (согласно процедуре, разработанной Boeing). Командир согласился.

В 08:40:38 электропривод стабилизатора был обесточен (лишь через 38 секунд система MCAS была деактивирована).

В 08:40:43 MCAS подала третью команду опустить нос, но электрическое управление стабилизатором было отключено.

В 08:40:45 командир и второй пилот начали вдвоём с усилием тянуть штурвалы на себя, чтобы поднять нос лайнера с помощью руля высоты. Их усилия на рулевые колонки колебались от 36 до 50 кг. (процедура Boeing в этой ситуации требовала использовать барабан ручного управления стабилизатором для поднятия носа самолёта).

В 08:41:21 раздалось звуковое предупреждение о превышении скорости.

В 08:41:31, через 53 секунды после выключения электропривода стабилизатора, второй пилот наконец попытался использовать барабан ручного управления стабилизатором, чтобы поднять нос, но не смог его повернуть из-за высокой скорости самолёта (в конце полёта расчётные значения скорости достигли 927 км/час [7], при этом уже при скорости 426 км/час барабан ручного управления стабилизатором становится невыносимо тяжело повернуть [8]). Пилоты продолжили прикладывать усилия на штурвалы, чтобы поднять нос самолёта.

В 08:42:47, когда прошло 243 секунды после отказа левого ДУА и 167 секунд после активации MCAS, командир задаётся вопросом: «Что это было?» И через несколько секунд сам отвечает: «Левый датчик угла атаки».

В 08:43:04 пилоты продолжили с усилием тянуть штурвалы на себя. (Когда оба пилота прикладывали значительные усилия на штурвалы угол атаки увеличивался, когда только один – уменьшался.) Командир даёт указание второму пилоту включить электропривод стабилизатора.

В 08:43:11 командир в очередной раз безуспешно попытался включить автопилот и два раза нажал на кнопки электропривода стабилизатора на штурвале для поднятия носа самолёта.

В 08:43:21 MCAS в четвёртый раз подаёт команду электроприводу стабилизатора на опускание носа, переводя самолёт в режим неуправляемого сваливания.

В 08:43:44 самолёт врезался в землю.

Расследование авиакатастрофы рейса ET302 авиакомпании Ethiopian Airlines наглядно продемонстрировало сложности, которые испытывали в реальных условиях пилоты, информированные о действиях при неконтролируемой перекладке стабилизатора в крайнее положение из-за неисправности одного датчика угла атаки. Информационная перегрузка и переживаемый пилотами стресс не позволили им оперативно обнаружить нештатную ситуацию с переводом самолёта в режим сваливания. В результате высокая скорость самолёта сделала невозможной следование установленной Boeing процедуре, которая оказалась бесполезной в данных условиях [8]. В рамках своей оценки функциональной опасности специалисты Boeing не проанализировали все многочисленные сигналы оповещений и отклонения в показаниях приборов, которые могут сопровождать такие ситуации, а также их взаимное влияние на пилотов. Предположения о времени реагирования пилотов (10 секунд) оказались неверными. Проблемы, с которыми столкнулись пилоты, вызвали их замешательство и растерянность, сыгравшие ключевую роль в обеих авиакатастрофах [4]. Пилотам рейса ET302 потребовалось 38 секунд, чтобы выключить электропривод стабилизатора (деактивировать MCAS), и ещё 53 секунды, чтобы вручную попытаться поднять нос самолёта.

Уже после авиакатастрофы с рейсом ET302, на тренажёре FAA была смоделирована аналогичная ситуация. Оценивалось время реагирования на неё трёх опытных действующих пилотов. В результате им потребовалось 49, 53 и 62 секунды для реагирования на данную ситуацию, вызвав шок у руководства FAA [9]. В соответствии с принятыми предположениями специалистов Boeing при оценке рисков функционального отказа MCAS, в реальных условиях полёта это имело бы катастрофические последствия.

Согласно расследованию комиссии Конгресса США, система MCAS, разработанная Boeing, нарушала её собственные внутренние требования к конструкции, согласно которым система «не должна оказывать нежелательного воздействия на пилотирование самолёта» и «не мешать выходу из пикирования». Именно это имело место в обеих катастрофах 737 MAX, когда управляющие команды система MCAS каждый раз могли опустить нос самолёта на  $2,5^\circ$  (в документах по оценке безопасности самолёта, предоставленных FAA, фигурировала цифра  $0,6^\circ$ ). Данные нарушения требований стали известны FAA только после двух авиакатастроф. Полученная в ходе сертификации техническим персоналом FAA информация по MCAS была столь ограничена и фрагментарна, что не позволяла сформировать представление о ключевых элементах системы, включая её архитектуру, входные сигналы и пределы полномочий [4].

### ***Обучение пилотов для перехода с 737 NG на 737 MAX***

Одной из главных целей программы 737 MAX (спроектированного на базе 737 NG) и центральным компонентом его маркетинговой стратегии были заявленные минимальные требования к подготовке пилотов при переходе с 737 NG на 737 MAX: не выше уровня «В». Данный уровень обучения различиям между моделями самолётов, продолжительностью не более 16 часов, включает в себя обучающие компьютерные программы для самоподготовки, устный или письменный экзамен или самопроверку (уровень подготовки «Е» требует использования тренажёра 737 MAX) [4].

Boeing предпринимались все усилия, чтобы избежать риски повышения требований к обучению пилотов и увеличению расходов как самой корпорацией (разработка учебных материалов), так и авиакомпаниями-заказчиками (приобретение тренажёров, время подготовки пилотов). К числу таких рисков было отнесено добавление в систему управления полётом системы MCAS. Руководством корпорации была определена задача «оптимизации» учебного пособия и предоставления пилотам учебных материалов, полезных для управления самолётом, а не для понимания «подробностей MCAS». В марте 2016 года FAA одобрило просьбу Boeing и разрешило удалить все ссылки на MCAS из Руководства по производству полётов на 737 MAX. Также были удалены любые ссылки на эту систему из учебных материалов для пилотов [4].

Для обоснования минимальных требований к обучению пилотов 737 MAX у Boeing были огромные финансовые стимулы, обусловленные контрактными обязательствами. Так в декабре 2011 года корпорация завершила авиакомпанию Southwest Airlines (крупнейший лоукостер США, эксплуатирующий исключительно различные модели Boeing 737), что её 10 тысячам пилотам, летающим на 737 NG, не потребуется дорогостоящая подготовка на тренажёрах. В контракт на поставку 737 MAX для Southwest Airlines были включены скидка в 1 млн долларов за каждый приобретённый самолёт, если такая подготовка потребуется, а также возмещение всех расходов на обучение, превышающее 10 часов. Если FAA потребовало бы обязательную подготовку на тренажёрах для эксплуатации 737 MAX, это стоило бы Boeing 400 миллионов долларов и создало бы конкурентные преимущества Airbus [4].

Важно отметить, что на протяжении всей программы 737 MAX разработчики испытывали страх перед необходимостью обучения пилотов на тренажёре. Это оказало решающее влияние на проектные решения, направленные на избежание изменений в конструкции самолёта и на включение новых систем, даже если эти изменения и системы повышали безопасность, но потенциально могли бы привести к повышению требований FAA к подготовке, а значит к дополнительным расходам. Показательно, что в этот же



период корпорация продолжала тратить миллиарды долларов на обратный выкуп акций и выплату дивидендов акционерам (см. рисунок 1), экономя на инновациях и безопасности, при этом игнорируя недостатки в конструкции [4].

В июле 2014 года Boeing публично заявила, что обучение при переходе с 737 NG на 737 MAX не потребует тренажёрной подготовки из-за незначительных различий в пилотировании двух самолётов. В мае 2015 году экспертная комиссия FAA по оценке воздушных судов (AEG) подготовила аналитическую записку, в которой определила шесть систем 737 MAX, требующих углублённой подготовки пилотов, включая обучение на тренажёре для перехода с 737 NG (система MCAS в этом перечне отсутствовала). Несмотря на выводы экспертной группы, в августе 2016 года FAA предоставило Boeing разрешение обучать пилотов 737 MAX при переходе с 737 NG без использования тренажёров. В конечном итоге, утверждённый компьютеризированный курс подготовки 737 MAX мог быть освоен пилотами 737 NG, с использованием iPad, менее чем за два часа. Он не предусматривал ознакомления с системой MCAS, вопросы распознавания и своевременного реагирования на нарушения в её работе. Команда технических пилотов корпорации, участвовавших в разработке курса, 14 сентября 2016 года была удостоена премии Boeing за «выдающиеся достижения в сфере оказания услуг коммерческой авиации» [4].

После согласования учебного курса с FAA корпорация Boeing стала оказывать колоссальное давление на авиакомпании, которые рассматривали возможность проведения тренажёрной подготовки для своих пилотов при переходе с 737 NG на 737 MAX, аргументируя «нецелесообразность» такого обучения незначительными различиями в пилотировании двух самолётов и весьма обременительными сопутствующими затратами. Всё это было частью маркетинговой стратегии корпорации, направленной на получение максимального числа заказов и повышение прибыльности программы 737 MAX [4].

В январе 2019 года, после авиакатастрофы рейса JT610 авиакомпании Lion Air, компания Boeing предложила пилотам 737 MAX проходить обучение по MCAS только на уровне «А»: самом низком из доступных уровней подготовки, включающим в себя простое ознакомление с письменными материалами и не требующим проверки. Данный уровень подготовки предназначен для ознакомления с различиями, о которых пилот должен знать, но которые «мало влияют на работу систем и пилотирование самолётом» [4].

После двух авиакатастроф корпорация долгое время продолжала утверждать, что для безопасного управления 737 MAX не требуется дополнительного углублённого обучения. Но в ходе тренажёрных испытаний в декабре 2019 года, которые были частью работы по оценке обновления программного обеспечения для 737 MAX, многие опытные пилоты,

приглашённые из четырёх авиакомпаний, не использовали правильные процедуры для реагирования на нештатные ситуации, моделируемые на тренажёре 737 MAX, полагаясь вместо этого на свои лётные навыки. По результатам этих испытаний в январе 2020 года Boeing принимает наконец решение рекомендовать тренажёрную подготовку всем пилотам 737 MAX. Глава комиссии Конгресса США, расследовавшей аварию 737 MAX, с прискорбием вынужден был констатировать, что потребовалось две авиакатастрофы, унёсшие жизни 346 человек, многочисленные расследования и беспрецедентное давление общества, прежде чем корпорация Boeing приняла данное решение [10]. Настолько силён «менталитет надгробий», когда речь идёт о многомиллионных прибылях.

#### ***Сигнал оповещения пилотов о рассогласовании показаний ДУА***

Данный сигнал, который загорается в кабине самолёта при расхождении значений датчиков угла атаки более чем на  $10^\circ$ , мог бы облегчить пилотам раннее распознавание нештатной ситуации, но данное оповещение было определено Boeing как дополнительная опция при заказе 737 MAX. В результате важное для безопасности полётов оповещение отсутствовало на более чем 80% эксплуатируемых авиакомпаниями самолётах, включая авиапарки Lion Air и Ethiopian Airlines. Оповещение о рассогласовании показаний датчиков угла атаки не рассматривалось ни Boeing, ни FAA как критичный для безопасности компонент. Уже после авиакатастрофы рейса JT610 авиакомпании Lion Air, 6 декабря 2018 года Совет Boeing по изучению вопросов обеспечения безопасности полётов проанализировал проблему с оповещением о рассогласовании показаний датчиков угла атаки и пришёл к выводу, что она «не является проблемой безопасности». 13 февраля 2019 года, за 25 дней до трагедии с рейсом ET302 авиакомпании Ethiopian Airlines, FAA проинформировало Boeing, что Совет FAA по проверке корректирующих мер пришёл к выводу, что отсутствие данного оповещения «не является опасным состоянием» [4].

В ходе расследования комиссией Конгресса США двух авиакатастроф с 737 MAX было установлено, что данное оповещение было частью сертифицированного FAA 8 марта 2017 года типового проекта 737 MAX, и, согласно требованиям FAA, было обязательным для установки и функционирования на всех самолётах 737 MAX. Отсутствие оповещения о рассогласовании показаний датчиков угла атаки было нарушением требований регулятора со стороны Boeing и невыполнением функций надзора со стороны FAA [4].

#### ***Давление производственного графика сборки 737 MAX***

737 MAX стал самым продаваемым самолётом в истории корпорации: на пике продаж в 2018 году было получено более 5000 заказов от более чем 100 авиакомпаний по всему миру. Производство 737 MAX увеличилось в 2017 году с 42 самолётов в месяц до 47. Руководством корпорации была поставлена цель увеличить производство 737 MAX до 52

самолётов в 2018 году и 57 – в 2019 году. Маркетинговый успех, связанный с 737 MAX, вызвал огромную производственную нагрузку, которая негативно сказалась на рабочей силе, а также на качестве и безопасности программы 737 MAX [4].

Производство 737 MAX включало в себя компоненты, поставляемые примерно 600 отдельными поставщиками и сотнями дополнительными субподрядчиками. Некоторым поставщикам и субподрядчикам было трудно успевать за темпом производства 737 MAX (сборка одного самолёта занимала 10 дней с момента поступления фюзеляжа в заводской цех). Это приводило к нарушению налаженного производственного процесса, поскольку рабочим приходилось приостанавливать хирургически точную сборку некоторых самолётов MAX, чтобы дождаться поставки ключевых компонентов и расходных материалов для завершения их сборки. В июне 2018 года Boeing вынужден был разместить 38 частично собранных 737 MAX за пределами завода, ожидая поставок деталей от поставщиков [4].

В июне и июле 2018 года руководитель завода по окончательной сборке 737 MAX в Рентоне (штат Вашингтон) Эд Пирсон высказал в электронном письме и в личной беседе с генеральным менеджером Boeing 737 серьёзные опасения по поводу проблем с безопасностью и контролем качества, вызванных усталостью персонала и чрезвычайно высокими производственными нагрузками. Количество сверхурочных часов удвоилось, персонал вынужден был работать в выходные дни (некоторые брали больничные, чтобы немного отдохнуть), при этом объём работ с отставанием от графика увеличился в десять раз. Дополнительно руководство отменило приём-передачу смен, на которых уходящая смена информировала новую о том, какие задачи остались незавершёнными [11]. Из-за напряжённого производственного графика, на фоне переутомления работники совершали ошибки или сознательно шли на нарушение установленных процедур и процессов. Количество сообщений о неисправном оборудовании, пропущенных проверках, дефектных деталях и других проблемах увеличилось на 30% [9]. Э. Пирсон предлагал временно приостановить линии окончательной сборки 737 MAX. Но вместо того, чтобы прислушаться к предупреждениям и тщательно проанализировать его опасения по поводу безопасности и качества, Boeing продолжил наращивать производство, отодвинув вопросы безопасности и качества на второй план. Корпорация зарабатывала от 12 до 15 млн долларов на каждом проданном 737 MAX или от 624 до 780 млн долларов ежемесячно на пике производства самолёта. Финансовые показатели в очередной раз определили решения руководства Boeing. Корпорация была нацелена на получение максимальной прибыли, пренебрегая при этом важными аспектами безопасности и качества, что будет иметь серьёзные последствия в будущем.

В августе 2018 года Э. Пирсон уволился полагая, что корпорация больше сосредоточена на количестве производимых самолётов, чем на тщательном устранении выявленных проблем с контролем качества и безопасности. Через месяц ситуация на заводе в Рентоне стала ещё хуже: за его пределами около 50 самолётов ожидали окончания сборки. По состоянию на 30 августа 2018 года на заводе было примерно 26600 технологических операций с отставанием от производственного графика. Через неделю их количество возросло до 31000 [4].

Согласно выводам комиссии Конгресса США, главными приоритетами для высшего руководства Boeing в процессе окончательной сборки были производственный график, удовлетворение рыночного спроса на 737 MAX и полученная прибыль, а не вопросы безопасности, надёжности и качества. (Уже в ходе расследования аварий с 737 MAX выяснилось, что в корпорации Boeing, в отличие от большинства аэрокосмических компаний, не было члена совета директоров, отвечающего за безопасность.)

Темпы производства 737 MAX были снижены только после двух авиакатастроф в апреле 2019 года (с 52 самолётов в месяц до 42), что было вызвано лишь проблемами передачи самолётов заказчикам, а не соображениями безопасности. В январе 2020 года Boeing объявила о приостановке производства: на площадках хранения скопилось около 400 новых 737 MAX. В мае 2020 года сборочная линия 737 MAX была перезапущена. В период с марта 2019 года по декабрь 2020 года Boeing выплатил около 20 млрд долларов штрафов, компенсаций и судебных издержек, а косвенные убытки составили более 60 млрд долларов из-за 1200 отменённых заказов [4]. Но две авиакатастрофы никак не сказались на выплате ежегодных дивидендов. Пик таких выплат пришёлся на 2019 год, когда акционерам Boeing было выплачено 4,63 млрд долларов (см. рисунок 1).

Для прохождения повторной сертификации и получения разрешения от FAA на продолжение полётов 737 MAX, корпорация Boeing внесла существенные изменения в систему MCAS и подготовку пилотов [4, 3]:

- Добавила контроль данных от двух датчиков угла атаки, чтобы предотвратить активацию MCAS, если эти данные различаются на  $5,5^\circ$ .
- Устранила проблему с оповещением пилотов о рассогласовании показаний датчиков угла атаки.
- Исключила возможность многократной активации MCAS и ограничила полномочия системы по продольной балансировке самолёта.
- Включила информацию по MCAS в руководства по подготовке лётного состава и лётной эксплуатации 737 MAX.

- Разработала учебные материалы для углублённой подготовки всех пилотов 737 MAX, включая отработку на тренажёре своевременного распознавания и реагирования на нарушения в работе MCAS.

Но вслед за изменениями конструкции MCAS и подготовки пилотов для 737 MAX не последовало самого важного – изменения культуры корпорации Boeing. Не были также до конца проанализированы и устранены системные недостатки в проектировании, разработке и производстве самолётов Boeing, выявленные в ходе расследований двух авиакатастроф 737 MAX. Доказательством этому может служить инцидент с Boeing 737 MAX 9, рейс 1282 авиакомпании Alaska Airlines.

5 января 2024 года вскоре после вылета из Портленда (США) у рейса 1282 на высоте 4520 метров оторвалась часть фюзеляжа – панель-заглушка на прямоугольном отверстии, в котором на самолётах бюджетных компаний (с увеличенным количеством посадочных мест), согласно правилам авиационной безопасности устанавливают аварийные двери. Последовала взрывная декомпрессия. Самолёт вынужден был вернуться в Портленд и совершить аварийную посадку [12]. К счастью, никто из пассажиров и экипажа не пострадал. Места 26А и 26В, где находилась панель-заглушка по левому борту (для пассажиров это обычные места с иллюминатором), оказались пустыми. Полёты всех Boeing 737 MAX 9 были временно приостановлены распоряжением FAA. Акции корпорации начали затяжное падение: 249 долларов в начале года, 173 доллара 22 августа 2024 года. После инцидента с рейсом 1282 авиакомпании Alaska Airlines, генеральный директор Boeing Д. Кэлхун объявил об отставке, покинув свой пост 5 августа 2024 года. Руководство Boeing вынуждено было признать, что многие годы корпорация отдавала приоритет скорости производства, а не качеству. Новым генеральным директором Boeing стал Келли Ортберг: инженер по образованию, более 30 лет проработавший в аэрокосмической компании Rockwell Collins (в 2013 году был назначен её генеральным директором).

В ходе расследования NTSB инцидента с рейсом 1282 авиакомпании Alaska Airlines было установлено, что фюзеляж и панель-заглушка были изготовлены и собраны на заводе Уичито компании Spirit AeroSystems в штате Канзас. 31 августа 2023 года фюзеляж для 737 MAX 9 был поставлен на завод по конечной сборке в Рентоне. На фюзеляже были обнаружены пять повреждённых заклёпок около панели-заглушки. Чтобы их заменить требовалось снять дверную заглушку. После замены заклёпок она была возвращена на место. Согласно предварительному отчёту NTSB по результатам расследования [12], панель-заглушка оторвалась в полёте из-за отсутствия четырёх болтов, которыми она крепится к фюзеляжу. Последующие проверки 737 MAX 9 выявили, что на многих

самолётах данной модификации панели-заглушки были установлены ненадлежащим образом.

NTSB продолжил расследование, чтобы понять, кто и почему неправильно установил дверную заглушку. Ситуация осложнялась тем, что Boeing не предоставила никаких записей относительно работ с дверной заглушкой. 25 августа 2024 года газета The Seattle Times опубликовала новые данные расследования, переданные ей NTSB [13] и проливающие свет на организацию процесса конечной сборки на заводе в Рентоне, на котором была реализована информационная поддержка управления бережливым производством (CALM).

Следователи установили, что в основные обязанности специализированной бригады Boeing по установке дверей (численностью, примерно, 20÷25 человек), входили работы с пассажирскими и грузовыми дверями на трёх сборочных линиях в первую смену с 5:00 до 13:30. Они редко имели дело с дверными заглушками, которые устанавливаются на фюзеляж на заводе Spirit AeroSystems. Когда было необходимо, эта работа поручалась механику-сборщику, члену бригады с 35-летним стажем, который имел опыт снятия и установки панелей-заглушек. Но во время сборки самолёта для авиакомпании Alaska Airlines он находился в отпуске [13].

В пятницу, 1 сентября 2023 года, на следующий день после поставки фюзеляжа на завод в Рентоне, во время его осмотра был обнаружен небольшой дефект: повреждение пяти заклёпок в непосредственной близости от дверной заглушки. В этот же день заявка на их замену была передана представителю компании Spirit, которая по контракту устраняет все дефекты, выявленные на фюзеляже.

7 сентября механик-сборщик Spirit внёс запись в Единую систему управления производственными процессами (CMES), что ремонт заклёпок выполнен: «заклёпки удалены и заменены». Но в этот же день инспектор Boeing записал в наряде на выполнение работ, что заклёпки не были заменены, а просто покрашены, что недопустимо.

10 сентября представитель Spirit получил повторную заявку на замену заклёпок. Менеджеры среднего звена завода были проинформированы о проблеме замены заклёпок.

15 сентября менеджер Spirit сообщает, что для замены заклёпок необходимо снять дверную заглушку, а это входит в обязанности специализированной бригады по установке дверей.

17 сентября информация о проблеме замены заклёпок передана менеджерам высшего звена завода, которые через Систему отслеживания действий при сборке (SAT - база данных, используемая для документирования, отслеживания и решения проблем, влияющих на сборку самолёта) обсудили её с менеджером по установке дверей. Было

принято решение не снимать полностью заглушку, поскольку это требует записи в CMES, а ограничиться лишь её открытием без записи в CMES (в этом случае заглушка откидывается наружу на нижней петле). Следователи смогли выяснить, что ровно за восемь недель до этого Boeing выпустила «Предупреждение о нарушении качества» с требованием регистрации в CMES даже простого открытия заглушки, поскольку это влечёт снятия четырёх критически важных для удержания заглушки болтов. Принятое менеджерами высшего звена решение нарушало собственные требования Boeing к контролю качества, поскольку именно запись в CMES инициирует обширную повторную проверку дверной заглушки после её закрытия. Следователи установили, что за три года на заводе в Рентоне сменилось 15 менеджеров по установке дверей, последний был переведён с другого производственного участка за пять или шесть месяцев до анализируемых событий.

К утру 18 сентября на самолёте были уже установлены крылья, шасси и двигатели, пока он двигался по сборочной линии, достигнув последней станции. Работы по замене заклёпок носили срочный характер, поскольку окончательная установка теплозвукоизоляции, панелей интерьера и сидений в области дверной заглушки всё ещё не были завершены.

В 6:48 ведущий мастер группы по установке дверей, с опытом работы в Boeing почти 16 лет, отправил по телефону сообщение молодому стажёру с просьбой подойти к самолёту и открыть дверь. Стажёр, проработавший на заводе около 17 месяцев, заменял ветерана механика-сборщика, который был в отпуске. В ходе интервью со следователями NTSB ведущий мастер сообщил, что через минуту после отправленного сообщения он позвонил стажёру, потому что понял, что если это самолёт 737 MAX 9, то необходимо открыть не просто дверь, а панель-заглушку. Он попросил стажёра проверить по компьютеру тип самолёта и если это действительно 737 MAX 9, то ему следует вернуться к выполнению своей предыдущей задачи. Он пояснил следователям, что не хочет, чтобы члены его группы имели дело с дверными заглушками, у которых нет ручек, а есть необычные крепёжные болты. Для работы с заглушками нужны специальные инструменты, о которых он не знал.

В 10:05 менеджер Spirit сделал запись в SAT, что заглушка открыта и работник Spirit будет назначен для работ с заклёпками. Следователи установили, что четыре члена бригады по установке дверей (включая ведущего мастера и стажёра) были на самолёте в разное время этим утром. Но никто из них не мог ответить, кто же открыл дверную заглушку. Запись о её открытии отсутствовала в системе CMES.

К 15:36 механик-сборщик Spirit удалила дефектные заклёпки и заказав на следующий день новые покинула самолёт.

Утром 19 сентября самолёт, следуя графику работ, должен был покинуть сборочную линию, но выкатка на улицу откладывалась. Согласно записи в SAT, новые заклёпки

прибыли с завода Boeing в Эверетте вскоре после полудня. К 14:00 новые заклёпки были установлены.

Около 17:00 менеджер по установке интерьеров салонов самолёта попросил руководителя специальной группы программы SAT (выступающей в качестве связующего звена между рабочими и менеджерами для решения производственных проблем, введённых в систему SAT), закрыть дверную заглушку у самолёта, чтобы наконец завершить установку изоляции, панелей интерьера и сидений в салоне. В течение часа заглушка была закрыта. Следователи NTSB не смогли выяснить, кто из этой группы участвовал в этом (требовалось несколько человек). Руководитель специальной группы только слышал, как кто-то из его механиков-сборщиков сказал: «Мы разобрались». После этого он увидел, что дверная заглушка закрыта. В систему CMES не было введено ни одной записи по открытию или закрытию дверной заглушки, поэтому никакой проверки качества не проводилось.

В 18:39 была сделана фотография закрытой дверной заглушки, с изоляцией свисающей сверху. На ней отчётливо можно видеть, что три важнейших для фиксации заглушки болта отсутствовали (отверстие четвёртого болта было закрыто изоляцией). Механик-сборщик, отвечавший за установку таких заглушек и находившийся в эти дни в отпуске, позже скажет следователям NTSB, что человек, который её закрывал, не знал, что делал [13].

Следователям NTSB стало известно, что корпорация Boeing в ходе внутреннего расследования инцидента перевела ведущего мастера и стажёра бригады по установке дверей на другие производственные участки, а потом отправила обоих сотрудников в оплачиваемый административный отпуск (косвенно признав их виновными). Но расследование Boeing пока продолжается [13].

Предоставленная NTSB информация указывает на наличие системных организационных недостатков на сборочных линиях Boeing. Критически важные для безопасности самолёта работы с дверью-заглушкой не были отражены в системе CMES, хотя внутренние документы требуют этого. Проверка дверной заглушки после закрытия не была проведена. На заводе имелся только один механик-сборщик с опытом работы с заглушками. Удивительным образом кем-то дверная заглушка была открыта, а затем закрыта.

Своё расследование NTSB планирует завершить в течение года. Следователям предстоит ответить на многие вопросы. Например, почему топ-менеджеры завода нарушили требование фиксации работ с заглушкой в системе CMES? Почему на заводе был только один подготовленный для работы на заглушках механик-сборщик? Почему критически важные для безопасности самолёта работы по открытию и закрытию заглушки не были должным образом организованы и документально оформлены? Почему при



декларировании в корпорации атмосферы открытости и доверия, никто из вовлечённого персонала так и не признался, что открыл или закрыл дверную заглушку?

После инцидента с рейсом 1282 авиакомпании Alaska Airlines FAA провело шестинедельный аудит производства 737 Max 9 на заводах Boeing и Spirit AeroSystems, обнаружив десятки проблем на всех этапах производственного цикла [14]. Многие проблемы касались несоблюдения требований контроля качества, утверждённых технологических операций, процедур или инструкций. На заводе Boeing в Рентоне было выполнено 89 проверок производственного процесса конечной сборки 737 Max 9. Из них 33 авиапроизводитель провалил (включая дверные заглушки). Было выявлено в общей сложности 97 случаев несоблюдения установленных Boeing требований. На заводе Spirit AeroSystems из 13 проведённых проверок семь получили неудовлетворительные оценки. Были отмечены случаи нарушения порядка выполнения работ, использования ненадлежащего инструмента. Проверка работ с дверными заглушками позволила определить пять проблем, включая правильность их установки на фюзеляже [14].

В мае 2024 года BBC News опубликовал интервью с Сантьяго Паредесом, бывшим инспектором по качеству компании Spirit AeroSystems, проработавшим 12 лет на заводе Уичито [15]. Согласно его сведениям, фюзеляжи для самолётов Boeing регулярно выходили с завода с серьёзными дефектами. При проверках он часто находил до 200 дефектов различной степени серьёзности на конструкциях, готовившихся к отправке в Boeing. На инспектора оказывали давление, вынуждая не так тщательно контролировать качество продукции и не привлекать внимание к проблемам, замедляя производство. В центре внимания было выполнение напряжённого плана и соблюдение графика работ, а не последствия отгрузки некачественных фюзеляжей. Для сокращения числа дефектов ему было предложено изменить процедуру их регистрации. Когда он отказался, его понизили в должности и перевели на другой участок. С. Паредес заявил, что и Spirit и Boeing знали о масштабах проблем с качеством, которые обсуждались инспекторами по качеству на регулярных совместных встречах двух компаний. Но приоритет отдавался количеству продукции и краткосрочным финансовым результатам, а не качеству. Политика сокращения расходов отвергала набор Spirit достаточного количества персонала для поставки качественной продукции в тех объёмах и сроках, которые требовала Boeing. Данные сведения стали частью показаний С. Паредеса в судебном процессе, который недовольные акционеры инициировали против Spirit [15].

Стремление компании Spirit Aerosystems ставить количество, а не качество продукции во главу угла являлось отражением культуры её основного заказчика, корпорации Boeing, которая оказывала давление на своих поставщиков, добиваясь от них снижения цен и

ускорения производства. Уже через два года после покупки в 2005 году предприятий Boeing компания Spirit Aerosystems с гордостью рапортовала о сокращении численности персонала на 1300 сотрудников и заключении договора с профсоюзами, предусматривающим снижение заработной платы на 10%. Руководство Spirit направляло также значительные средства на обратный выкуп акций и выплату дивидендов акционерам [16].

Инцидент с рейсом 1282 авиакомпании Alaska Airlines заставил руководство Boeing в конце июня 2024 года объявить о приобретении Spirit AeroSystems за 4,7 млрд долларов. Общая стоимость сделки составила около 8,3 млрд долларов и включала чистый долг компании Spirit [17], ставшей главным поставщиком Boeing в ходе реализации программы оптимизации активов и передачи корпорацией своих производственных мощностей на аутсорсинг. Очевидно, что приобретение заводов Spirit AeroSystems не решит проблем с качеством производимых самолётов, если не будет изменена культура самой корпорации.

26 февраля 2024 года FAA опубликовало отчёт группы экспертов, посвящённый анализу культуры безопасности, системы управления безопасностью (SMS), программы ODA и их эффективности в корпорации Boeing [18]. Экспертная группа рассмотрела 4000 страниц документов Boeing, провела семь анкетных опросов и свыше 250 интервью с сотрудниками корпорации. В своём отчёте экспертная группа отметила отсутствие взаимопонимания между высшим руководством и сотрудниками Boeing по вопросам культуры безопасности. Сотрудники жаловались на обилие неясных терминов в этой сфере, сбивающих с толку своими туманными описаниями, включая внедряемые в корпорации различные компоненты культуры безопасности: «Культура предоставления сообщений» (*Reporting Culture*), «Культура справедливых отношений» (*Just Culture*), «Культура гибкого подхода» (*Flexible Culture*), «Культура обучения» (*Learning Culture*), «Культура информирования» (*Informed Culture*). Согласно выводам экспертов, Boeing сосредоточила свои усилия на внедрении культуры справедливых отношений и культуры предоставления сообщений. Всем уровням организации была характерна слабая осведомлённость относительно показателей безопасности и своей роли в системе управления безопасностью. Сотрудники выражали значительный скептицизм в отношении долгосрочной эффективности внедрения SMS в Boeing [18].

Экспертная группа не смогла определить последовательный и ясный процесс сообщений о проблемах безопасности с информированием о результатах их рассмотрения. Сотрудники не понимали, как и когда использовать различные каналы сообщений, включая программу «Speak Up» («Говорите открыто»). Программа была введена в 2019 году после двух авиакатастроф с 737 MAX. Опросы показали, что многие сотрудники не доверяют анонимности программы «Speak Up» (что ставит под сомнение её эффективность),

предпочитая сообщать о проблемах и недостатках своим непосредственным руководителям. В этом случае сообщения не всегда передаются для учёта в SMS и неясно, как анализируются и решаются описанные в сообщениях проблемы. Сотрудники не всегда получают обратную связь на свои сообщения, а ряд сотрудников признались, что опасаются сообщать о проблемах безопасности из-за страха возмездия. Мнение пилотов корпорации слабо учитывается при принятии решений, связанных с безопасностью полётов и эргономикой кабин лётных экипажей [18].

Согласно отчёту группы экспертов FAA, в 2024 году в программе ODA задействовано свыше 1000 уполномоченных FAA инженеров Boeing, которым регулятор делегировал свои функции при проектировании, проведении испытаний и производстве самолётов. Поскольку корпорацию покинуло много опытных сотрудников, отсутствует необходимое понимание и применение требований, процессов и процедур авиационной безопасности среди ряда уполномоченных представителей. Имеются пробелы в организации наставничества и обмена знаниями. Существует серьёзная обеспокоенность по поводу того, что опытный персонал уходит без должной замены, а усилия по его удержанию неэффективны или несвоевременны [18].

По результатам анализа группа экспертов сформулировала 27 выводов и предложила к ним 53 рекомендации для корпорации Boeing и FAA.

Инцидент с рейсом 1282 авиакомпании Alaska Airlines получил широкий общественный резонанс и привлёк внимание Специального подкомитета Сената США по расследованиям, который 17 апреля 2024 года провёл слушания по теме: «Изучение разрушенной культуры безопасности Boeing: свидетельства из первых рук» [19]. На эти слушания были приглашены специалисты, имеющие большой опыт работы в Boeing и FAA, и открыто рассказавшие об известных им проблемах безопасности и качества после многих лет безуспешных попыток поднять эти проблемы в своих организациях.

Материалы слушаний свидетельствуют, что корпорация Boeing, несмотря на громкие заявления и обещания руководства после двух авиакатастроф пересмотреть свои практики обеспечения безопасности и повысить её культуру, «продолжает ставить прибыль выше безопасности, цену акций выше качества, а темпы производства выше ответственности» (к моменту слушаний с начала 2024 года произошло 6 резонансных происшествий с самолётами Boeing) [19]. С одной стороны, корпорация Boeing утверждала, что поощряет своих сотрудников высказываться о проблемах качества (культура предоставления сообщений), с другой – отмечен рост числа серьёзных обвинений в том, что у Boeing нарушена культура безопасности и существует набор неприемлемых практик, когда

руководство оказывает давление на персонал с целью выполнения производственного плана в ущерб качеству работ. Сообщившие о проблемах безопасности и качества равнодушные сотрудники подвергаются различным карательным мерам: преследованиям, изоляции, высмеиванию, отстранению от участия в профильных совещаниях, занижению оценок эффективности, переводу на другое место работы, понижению в должности, сокращению зарплаты, запугиванию, угрозам физического насилия и увольнению. При этом руководство Boeing публично заявляя, что «любые формы возмездия строго запрещены», не предпринимало никаких мер в отношении нарушений своих же этических норм. Равнодушных сотрудников («информаторов», «разоблачителей») стремятся заставить замолчать, скрыть и утаить факты, на которые они пытаются обратить внимание. Менеджеры оказывают давление на рабочих, чтобы они не документировали дефекты или другие недостатки. Или принуждают выполнять задания, несоответствующие технологическим процессам или процедурам, напоминая персоналу, что сотни других желающих получить эту работу ждут в очереди за воротами. На сборочных линиях ценится молчание и ускорение производства, а не безопасность и качество [19].

Как заметил один из членов группы экспертов FAA, невозможно создать культуру безопасности, если люди, выполняющие работу, не верят тому, что слышат. С одной стороны руководство Boeing призывает персонал сообщать о всех недостатках и отклонениях, а с другой – переводит сообщившего о проблеме на новый производственный участок или выписывает ему штраф за незначительные проступки [20]. Ещё в апреле 2019 года газета «Нью-Йорк таймс» написала о многочисленных жалобах сотрудников завода в Северном Чарльстоне (штат Южная Каролина), производящего Boeing 787, на нарушения и недостатки в области безопасности и качества. В этих жалобах описаны проблемы с некачественным производством и слабым надзором (наличие инструментов, деталей и другого опасного мусора внутри самолёта после сборки, включая металлическую стружку рядом с электропроводами; использование дефектных деталей при сборке). Чтобы не допустить сообщений о нарушениях менеджеры оказывали давление, запугивали, преследовали, понижали в должности, увольняли персонал. Анализ корпоративных документов и интервью с сотрудниками раскрыли культуру, в которой производительность и прибыль часто ставились выше качества и безопасности. Эти проблемы усугублялись хронической нехваткой квалифицированных рабочих кадров [21].

Во время слушаний в Сенате приглашённые информаторы сообщили о незаконной отмене тысяч проверок качества на отдельных самолётах без ведома FAA, о передаче функций контроля качества от инспекторов механикам-сборщикам в нарушение

требований FAA, о практике использования дефектных деталей для выполнения рабочего плана, о фактах нарушения отраслевых стандартов и «оптимизации» технологических операций для ускорения производства, создающие небезопасные условия с потенциально катастрофическими последствиями или значительно сокращающие срок службы ключевых компонентов самолёта (например, фюзеляжа - с 53400 до 11800 полётных циклов). Руководители либо игнорировали опасения сотрудников, либо оказывали давление, чтобы они прекратили поднимать неудобные вопросы. Многие не решались сообщать о проблемах, опасаясь возмездия со стороны менеджеров Boeing [19].

На слушаниях в Сенате эксперт в области человеческого фактора напомнил, что в ходе реализации программы многоразовых космических челноков (шаттлов), Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) следовало плану работать «быстрее, лучше и дешевле» [19]. Но результат оказался обратный. Программа, провозглашавшая безопасность, надёжность, дешевизну и быстроту космических перелётов унесла жизни 14 астронавтам, выполнив менее половины обещанных полётов пятью построенными шаттлами, два из которых были потеряны в результате катастроф. Программа превысила заявленную стоимость запуска одного шаттла (10 млн долларов) в 45 раз и обошлась в 196 млрд долларов вместо планируемых 90 млрд долларов [22]. В среднем ежегодно осуществлялось 4,5 полёта (требовалось около 2 месяцев на подготовку к запуску) при обещанных более 30 полётов в год (менее двух недель на подготовку к запуску). Специальная комиссия, созданная для расследования причин катастрофы с космическим шаттлом «Колумбия» в 2003 году, установила, что критические недостатки культуры НАСА, выявленные при расследовании трагедии с «Челленджером» в 1986 году, так и не были устранены. НАСА продолжило функционировать не как агентство по исследованиям, а скорее, как коммерческое предприятие (бизнес-проект), с давлением графиков выполнения полётов и достижения целей экономической эффективности, пренебрегая безопасностью и надёжностью [23]. В результате в 2011 году руководством НАСА было принято решение о завершении программы космических шаттлов.

Инцидент с рейсом 1282 авиакомпании Alaska Airlines служит доказательством, что руководство Boeing не смогло должным образом извлечь уроки из двух авиакатастроф с 737 MAX, устранить системные причины и изменить культуру корпорации, продолжая делать ставку на ускорение производства и сокращение затрат.

Согласно выступившему на слушаниях в Сенате эксперту в области человеческого фактора, корпорация не контролировала ни один из компонентов культуры безопасности (включая культуру предоставления сообщений и культуру справедливых отношений), и

многочисленные новые примеры предвестников значимых событий с самолётами Boeing не давали основания полагать, что ситуация меняется в лучшую сторону [19].

Как заметил председатель Специального подкомитета Сената США, для изменения культуры пренебрежения безопасностью в корпорации Boeing, культуры «ярлыков, давления и враждебности», необходимо создать такие условия на рабочих местах, когда каждый будет чувствовать себя комфортно, сообщая о проблемах безопасности и качества, даже если эти сообщения ошибочны. Любое возмездие со стороны Boeing за выявленные сотрудниками проблемы безопасности и качества недопустимо и неизбежно приведёт к новым проблемам, о которых уже не будет сообщено [19].

Но вместо изменения культуры пренебрежения безопасностью и атмосферы преследования информаторов, корпорация внедрила программу «Глобального разнообразия, равенства и инклюзивности» (GEDI) и включила с 2022 года в систему ежегодных вознаграждений руководства Boeing целевые показатели по GEDI (достижение установленного уровня разнообразия и равенства сексуальных меньшинств, инвалидов, рас и национальностей при отборе сотрудников, а также учёта их мнений) [18]. В рамках этой программы корпорация обязалась увеличить общее количество чернокожих сотрудников на 20% к 2025 году. В 2023 году Boeing выпустила отчёт по GEDI, в котором как достижение представила учёт показателя GEDI для оценки эффективности работы руководства корпорации и определения поощрительных выплат [19]. Многие эксперты указали на опасность сдвига приоритетов Boeing на обеспечение GEDI в ущерб поддержанию строгих стандартов безопасности и качества [14]. После назначения 8 августа 2024 года нового генерального директора, К. Ортберга, корпорация переориентировала свою систему поощрительных вознаграждений менеджмента на показатели безопасности и качества. А в октябре этого же года объявила о расформировании отдела GEDI и возвращении к кадровой политике, основанной на талантах и опыте сотрудников [24].

После слияния с McDonnell Douglas корпорация Boeing ежегодно направляла миллиарды долларов на обратный выкуп акций и выплату дивидендов своим акционерам, снижая расходы на НИОКР, отказываясь инвестировать в инновационные технологии и сотрудников. Во главу угла была поставлена эффективность бизнеса: рентабельность чистых активов, снижение затрат, скорость разработки и производства. В периоды снижения спроса корпорация увольняла тысячи опытных инженеров и рабочих, что неминуемо приводило к потере ключевых сотрудников и компетенций для проектирования, конструирования и производства самолётов. Они уносили с собой ценные знания и опыт, накопленные за долгие годы работы, которые не были зафиксированы ни в одной инструкции или процедуре. Например, в 2020 году из-за пандемии коронавируса и

снижения спроса на авиаперевозки Boeing уволила 28 тыс. сотрудников. Многие из них так и не вернулись, когда два года назад корпорация предприняла усилия по восстановлению производства. Их заменили молодые сотрудники без надлежащей подготовки. В 2020 году был проведён внутренний анкетный опрос сотрудников. Когда их попросили оценить Boeing как место для работы по сравнению с другими компаниями, только 39% респондентов оценили компанию положительно, по сравнению с 61% два года назад [25]. Высокая текучка кадров на заводах Boeing и её поставщиков стала одним из факторов постоянного роста проблем с качеством производимых самолётов [26].

Из-за отсутствия в ближайшее десятилетие новых программ по проектированию пассажирских самолётов Boeing теряет свою инновационную привлекательность, и многие инженеры переходят в другие компании. Ситуация осложняется тем, что в 2014 году корпорация Boeing после ожесточённых переговоров с профсоюзом добилась ограничения зарплаты работников и отмены их корпоративных пенсионных планов. В итоге стартовая зарплата в 2024 году для рабочих вакансий колеблется от 16 до 26 долларов, а зарплата курьеров сервисов по доставке еды начинается с 26 долларов (при создании 737 MAX корпорация платила всего 9 долларов в час индийским выпускникам-программиста за разработку программного обеспечения [8]). За прошлые два года примерно 15 тыс. инженеров и квалифицированных рабочих уволились из Boeing по собственному желанию [26].

Передача подрядчикам большого объёма работ при сокращении собственных инвестиций в разработку и производство планомерно вело к потере компетенций и контроля над этими процессами со стороны Boeing. Политика экономии на всём ради увеличения стоимости акций и выплат дивидендов акционерам породила серьёзные проблемы с качеством и безопасностью поставляемых самолётов [4].

С 1998 года корпорация потратила ошеломляющие 65,1 миллиарда долларов на обратный выкуп акций. По оценкам экспертов, это эквивалентно примерно четырём программам по созданию широкофюзеляжных и пяти или шести программам узкофюзеляжных самолётов [27]. На выплату дивидендов с 1998 года было направлено ещё 35,1 млрд долларов. В 2019 году (после двух авиакатастроф, унёсших жизни 346 человек) акционеры получили рекордные 8,24 доллара на одну акцию. 20 марта 2020 года из-за тяжёлой финансовой ситуации Boeing была вынуждена приостановить выплату дивидендов своим акционерам. Дивиденды в размере 2,06 доллара на акцию были выплачены только за первый квартал (повторив график рекордных выплат 2019 года). Следующая выплата дивидендов ожидается лишь в феврале 2025 года, что можно считать оптимистичным прогнозом на фоне текущих событий:

- В августе 2024 года Boeing вынуждена была прекратить тестовые полёты новой модели 777X из-за трещины конструкции крепления двигателей [28]; это последняя неудача в серии попыток корпорации сертифицировать свой крупнейший реактивный лайнер, эксплуатация которого и так отстаёт от графика примерно на шесть лет (коммерческий дебют отложен до 2026 года) [29].
- Boeing продолжает испытывать серьёзные технические и финансовые проблемы с многократным пилотируемым космическим кораблём Starliner (начало разработки – 2010 год). Первый пилотируемый запуск планировался на 2020 год, а состоялся лишь 5 июня 2024 года, но из-за проблем с двигателями так и не был завершён (астронавтов с МКС на землю доставил корабль компании SpaceX). В то время как программа Starliner столкнулась с многочисленными задержками, конкурирующий корабль Crew Dragon компании SpaceX совершил уже 43 полёта на МКС с 2019 года, перевоза как экипажи, так и грузы для NASA. До конца года руководство Boeing должно принять решение о целесообразности дальнейшей поддержки программы Starliner, имеющей перерасход средств свыше 1,8 млрд долларов [30].
- 13 сентября 2024 года 33 тыс. механиков-сборщиков заводов Boeing, членов крупнейшего профсоюза «Международная ассоциация рабочих машиностроения и авиационной промышленности» (IAM), начали забастовку, остановив производство самых продаваемых коммерческих самолётов корпорации 737 MAX, 777 и 767 (сборка 787 Dreamliner на заводе в Южной Каролине не была прекращена, поскольку его сотрудники не состоят в профсоюзе). В рамках нового трудового договора профсоюз требовал повышение зарплаты на 40% в течение трёх лет (сейчас средняя зарплата работника составляет 75,6 тыс. долларов в год, при этом средняя зарплата в штате Вашингтон – 80,8 тыс. долларов) и восстановление традиционных пенсионных планов, с фиксированными ежемесячными выплатами пенсионерам (отменены в 2014 году). После длительных переговоров 4 ноября члены профсоюза наконец проголосовали за последнее предложение корпорации, включающее повышение зарплаты на 38% в течение четырёх лет (до 119,3 тыс. долларов в год), годовые бонусы, но без восстановления традиционных пенсионных планов [31]. По оценкам экспертов семинедельная забастовка обошлась корпорации примерно в 2 млрд долларов. Предыдущая восьминедельная забастовка профсоюза в 2008 году (в ней приняло участие около 27 тыс. работников), стоила корпорации 100 млн долларов в день, включая штрафы за срыв поставок самолётов (у Boeing за время забастовки 2008 года накопилось невыполненных заказов на 350 млрд долларов).



- 23 октября 2024 года Boeing объявила об убытках в размере 6,17 млрд долларов в третьем квартале (наихудший показатель в истории корпорации, обусловленный задержками с выпуском 777X и перерасходом средств по оборонным и космическим контрактам), предупредив инвесторов, что убытки следует ожидать ещё как минимум год. Общий объём невыполненных заказов составил 511 млрд долларов. Ранее в этом месяце Boeing заявила, что для снижения расходов сократит 10% своей рабочей силы – около 17 000 сотрудников [32]. Акции корпорации 31 октября упали на 43% к закрытию торгов на Нью-Йоркской фондовой бирже (приблизив их рейтинг к «мусорному»), что стало вторым худшим показателем промышленного индекса Доу-Джонса [29].
- 30 июня 2024 года Министерство юстиции США предъявило Boeing обвинения в преступном мошенничестве, состоящем в передаче заведомо ложных сведений в FAA о новом программном обеспечении системы MCAS для 737 MAX, ставшей причиной двух авиакатастроф в Индонезии и Эфиопии.

Министерство юстиции впервые выдвинуло это обвинение в 2021 году, но согласилось не преследовать Boeing в судебном порядке, если корпорация заплатит штраф в 243,6 млн долларов и успешно пройдёт трёхлетний корпоративный испытательный срок в соответствии с так называемым соглашением об отсрочке уголовного преследования. Но за два дня до истечения срока действия этого соглашения произошёл инцидент с 737 MAX 9 авиакомпании Alaska Airlines, что стало поводом для возобновления расследования в отношении Boeing.

У корпорации была ровно неделя на принятие решения: либо признать себя виновной, либо предстать перед судом. 7 июля 2024 года корпорация Boeing, чтобы избежать судебного разбирательства и привлечения дополнительного общественного внимания к авиакатастрофам с 737 MAX, признала себя виновной по обвинению в преступном сговоре с целью мошенничества и готова выплатить штраф в размере 243,6 млн долларов для завершения расследования Министерства юстиции США в отношении двух авиакатастроф. Помимо этого, корпорация согласилась инвестировать не менее 455 млн долларов в усовершенствование программ по обеспечению безопасности и соответствия нормативным требованиям в течение трёх лет. На июнь 2024 года чистый долг Boeing составил 57,9 млрд долларов.

По иронии судьбы, решения, принятые за последние два десятилетия во имя роста акционерной стоимости, обошлись инвесторам в 87 млрд долларов с 2018 года [33]. Долгосрочный ущерб репутации и положению Boeing на рынке может быть ещё больше, поскольку за последние пять лет корпорация Airbus превзошла Boeing по объёму заказов на

новые самолёты. В 1996 году компания Boeing получила примерно 60% новых заказов отрасли на коммерческие самолёты, Airbus — 35%, McDonnell Douglas — 5% [34]. В 2018 году Boeing поставила 806 самолётов, а Airbus — 800. В 2020 году – 157 и 566 самолётов соответственно, а в 2021 – 340 и 611. В феврале 2024 года Boeing поставила клиентам 27 самолётов, а Airbus — 49. Доля самолётов Boeing среди четырёх крупнейших внутренних авиакомпаний США упала с 88,7% в 2012 году до 69,4% в 2023 году [35].

### **Заключение**

До слияния с McDonnell Douglas компания Boeing всегда была не столько бизнесом, сколько объединением инженеров, занимающихся созданием удивительных летательных аппаратов [25]. Её культура была ориентирована, в первую очередь, на создание безопасных, экономичных, инновационных и комфортных самолётов. Ведущую роль играли инженерные кадры, из которых вырастали талантливые руководители, обладающие экспертными знаниями в области конструкции, аэродинамики, двигательной установки, элементов управления воздушных судов. Инженеров, пилотов-испытателей, персонал сборочных линий поощряли свободно сообщать о проблемах при проектировании, разработке и производстве новейших авиалайнеров, громко отстаивать свою точку зрения для выработки оптимальных решений. Руководством признавалось наличие «двадцати тысяч сюрпризов» при проектировании и разработке самолётов. Приветствовались «гонцы, приносящие плохие вести», а утаивание информации считалось недопустимым. Отсутствие бюрократии и готовность руководства нарушать бюджет и график для решения задач безопасности и качества отличали культуру Boeing до слияния. Стоимость акций и доходы акционеров не определяли решения руководства компании по созданию и производству новых типов пассажирских самолётов. Именно безопасность, качество, экономичность и комфортность производимых самолётов обеспечили доминирование Boeing на рынке реактивных пассажирских самолётов и самую высокую доходность акций компании на бирже в тот период.

Объединение с McDonnell Douglas в 1997 году привнесло новую культуру, сместив акцент с внедрения технических инноваций и решения сложных инженерных задач на финансовые показатели и бухгалтерский учёт. Место инженеров в новой корпорации заняли финансисты и бухгалтеры, а рост стоимости акций и дивидендов, выплачиваемых акционерам, при одновременной экономии на инвестициях и персонале, стали приоритетной целью Boeing. Сокращение затрат и максимизация доходов акционеров, а не создание и производство безопасных и качественных самолётов станут определять решения руководства корпорации. Система вознаграждений топ-менеджеров будет определяться ростом цены акций и выплатой дивидендов акционерам. За короткий период великая

инжиниринговая компания превратиться в крупный бизнес, ориентированный на финансовый успех, пройдя путь от дорогостоящего, инновационного проектирования новых моделей к жёсткой политике по снижению затрат и важности финансовых показателей при реализации программ модернизации старых моделей. Ради повышения показателя рентабельности чистых активов развернётся масштабная продажа своих заводов и передача на аутсорсинг значительных объёмов работ по разработке и производству компонентов самолётов.

Многочисленные проблемы, которые неминуемого возникают при ускорении темпов проектирования и производства самолётов, привели к политике их замалчивания или игнорирования. Постепенно сформировалась токсичная культура сокрытия информации, страха и запугивания сотрудников, сообщавших о недостатках или нарушениях. Новые идеи и предложения, направленные на повышение безопасности и качества игнорировались, если требовали дополнительных расходов и снижали скорость проектирования и производства. Менеджеры фокусировались на соблюдении графиков работ, сокращении затрат и ускорении производства, а руководство корпорации старалось пребывать в неведении в отношении возникающих проблем безопасности и качества.

Даже после двух авиакатастроф с Boeing 737 MAX в 2018 и 2019 годах корпорация продолжила «ставить прибыль выше безопасности, цену акций выше качества, а темпы производства выше ответственности». Постоянные волны сокращения персонала вызвали снижение квалификации и потерю важных компетенций для проектирования и производства самолётов. Высокое производственное давление и постоянные требования ускорить сборку новых самолётов порождали ошибки или осознанные нарушения процедур персоналом сборочных линий как Boeing, так и компаний-подрядчиков.

Инцидент с оторвавшейся панелью-заглушкой 5 января 2024 года Boeing 737 MAX 9 в очередной раз привлёк внимание к проблемам качества на заводах Boeing и её поставщиков. Продолжая идти по тому же пути, что привёл её к авиакатастрофам с 737 MAX, когда безопасность была принесена в жертву снижению затрат и получению максимальной прибыли, корпорация не откликнулась на призыв изменить свою культуру [4].

После двух авиакатастроф с 737 MAX, продолжая настаивать, что «безопасность является высшим приоритетом корпорации», руководство Boeing так и не смогло сформировать культуру безопасности с эффективной программой предоставления сообщений о недостатках и нарушениях в области безопасности и качества [36]; с атмосферой доверия и открытости между сотрудниками и менеджерами [37]; поддерживая постоянное обучение, аккумулируя и анализируя опыт проектирования и производства, свои успехи и неудачи, извлекая уроки для совершенствования своей деятельности [38].

Выбранные после слияния руководством Boeing приоритеты прибыли над качеством, стоимости акций над безопасностью, выплат дивидендов над инвестициями имели долгосрочные негативные последствия как для корпорации, так и для акционеров. Долгие годы темпы проектирования и производства, снижение расходов и аутсорсинг, борьба с профсоюзами и сокращение опытного персонала, прибыль и обратный выкуп акций, дивиденды и стоимость акций доминировали над инновациями и качеством, безопасностью и социальной ответственностью.

23 октября 2024 года новый генеральный директор Boeing К. Ортберг представил план выхода корпорации из кризиса, заявив о необходимости фундаментальных изменений корпоративной культуры и апеллируя при этом к гордости за прошлые достижения, чувству общей судьбы и стремлению к сотрудничеству [29]. Показательно, что одним из первых его решений был перенос своего офиса из Чикаго в Сиэтл, чтобы приблизиться к основным сборочным производствам и инженерно-конструкторским программам Boeing в области коммерческого авиастроения [39]. Сможет ли корпорация наконец изменить свою культуры и вернуть доверие регулирующих органов, авиакомпаний, пассажиров и инвесторов? Время покажет.

### **Литература**

1. Boeing Reports Fourth-Quarter Results. PR Newswire. Jan. 29, 2020. <https://www.prnewswire.com/news-releases/boeing-reports-fourth-quarter-results-300995213.html>
2. Ajmera A., Johnson E.M. Boeing scores no January orders for first time since 1962. Reuters. Feb. 11, 2020. <https://www.reuters.com/article/us-boeing-deliveries/boeing-scores-no-january-orders-for-first-time-since-1962-idUSKBN20521A/>
3. FAA. Summary of the FAA's Review of the Boeing 737 MAX. Return to Service of the Boeing 737 MAX Aircraft. Federal Aviation Administration. Nov. 18, 2020. 99 p. [https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2022-08/737\\_RTS\\_Summary.pdf](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2022-08/737_RTS_Summary.pdf)
4. Final Committee Report on the Design, Development and Certification of the B737 MAX. U.S. House Committee on Transportation and Infrastructure. Sep. 15, 2020. 245 p. [https://democrats-transportation.house.gov/imo/media/doc/2020.09.15\\_FINAL\\_737\\_MAX\\_Report\\_for\\_Public\\_Release.pdf](https://democrats-transportation.house.gov/imo/media/doc/2020.09.15_FINAL_737_MAX_Report_for_Public_Release.pdf)
5. Flight Crew Operations Manual Bulletin No. TBC-19. Boeing. Nov. 6, 2018. P. 1. <https://lbbblawyers.com/wp-content/uploads/2019/03/Boeing-Service-Bulletin.pdf>
6. Emergency Airworthiness Directive AD 2018-23-51. Federal Aviation Administration. Nov. 7, 2018. 5 p. <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/4480.pdf>

7. Investigation Report on Accident to the B737-MAX 8 Reg. ET-AVJ Operated by Ethiopian Airlines 10 March, 2019. The Ethiopian Airplane Accident Investigation Bureau (EAIB). 2022. 331 p. [https://www.baaa-acro.com/sites/default/files/2023-01/ET-AVJ\\_0.pdf](https://www.baaa-acro.com/sites/default/files/2023-01/ET-AVJ_0.pdf)
8. Tkacik M. Crash Course How Boeing's managerial revolution created the 737 MAX disaster. The New Republic. Sep. 18, 2019. <https://newrepublic.com/article/154944/boeing-737-max-investigation-indonesia-lion-air-ethiopian-airlines-managerial-revolution>
9. Robison P. Flying blind: the 737 MAX tragedy and the fall of Boeing. New York: Doubleday, 2021. 336 p.
10. Kitroeff N., Gelles D. In Reversal, Boeing Recommends 737 Max Simulator Training for Pilots. New York Times. Jan. 7, 2020. <https://www.nytimes.com/2020/01/07/business/boeing-737-max-simulator-training.html>
11. Duggan M.C. Boeing hijacked by shareholders and execs! Dollars & Sense. July/August, 2021. <https://www.dollarsandsense.org/archives/2021/0721duggan.html>
12. Aviation Investigation Preliminary Report. DCA24MA063. National Transportation Safety Board. 6 Feb, 2024. 19 p. <https://www.nts.gov/investigations/Documents/DCA24MA063 Preliminary report.pdf>
13. Gates D., Cornwell P. Inside Boeing's factory lapses that led to the Alaska Air blowout. The Seattle Times. Aug. 25, 2024. <https://www.seattletimes.com/business/boeing-aerospace/inside-boeing-factory-lapses-that-led-to-alaska-air-blowout/>
14. Walker M. F.A.A. Audit of Boeing's 737 Max Production Found Dozens of Issues. New York Times. March 11, 2024. <https://www.nytimes.com/2024/03/11/us/politics/faa-audit-boeing-737-max.html>
15. Leggett T. Boeing whistleblower says plane parts had serious defects. BBC News. May 9, 2024. <https://www.bbc.com/news/business-68979354>
16. Stockton L.D., Santoro H., Brewster F. Boeing's Profit Seeking Puts Passengers in Danger. Jacobin magazine. Jan. 13, 2024. <https://jacobin.com/2024/01/boeing-malfunction-ceo-pay-stock-buybacks>
17. Boeing to Acquire Spirit AeroSystems. Press Release Details. Boeing. July 1, 2024. <https://investors.boeing.com/investors/news/press-release-details/2024/Boeing-to-Acquire-Spirit-AeroSystems/default.aspx>
18. FAA. Section 103 Organization Designation Authorizations (ODA) for Transport Airplanes. Expert Panel Review Report. Federal Aviation Administration. Feb. 26, 2024. 50 p. <https://www.faa.gov/newsroom/Sec103 ExpertPanelReview Report Final.pdf>
19. Examining Boeing's broken safety culture: firsthand accounts. U.S. Senate Permanent Subcommittee on Investigations. Testimonies. April 17, 2024. <https://www.hsgac.senate.gov/subcommittees/investigations/hearings/examining-boeing-broken-safety-culture-firsthand-accounts/>

20. Rose J. Another Boeing whistleblower says he faced retaliation for reporting 'shortcuts'. National Public Radio. April 12, 2024. <https://www.npr.org/2024/04/12/1244147895/boeing-whistleblower-retaliation-shortcuts-787-dreamliner>
21. Kitroeff N., Gelles D. Claims of Shoddy Production Draw Scrutiny to a Second Boeing Jet. The New York Times. April 20, 2019. <https://www.nytimes.com/2019/04/20/business/boeing-dreamliner-production-problems.html>
22. Borenstein S. Space shuttle's legacy: Soaring in orbit and costs. The Associated Press. July 5, 2011. <https://phys.org/news/2011-07-space-shuttle-legacy-soaring-orbit.html>
23. Columbia Accident Investigation Board. CAIB Report, Vol. I. Washington: Government Printing Office, 2003. 248 p. [https://govinfo.library.unt.edu/caib/news/report/pdf/vol1/full/caib\\_report\\_volume1.pdf](https://govinfo.library.unt.edu/caib/news/report/pdf/vol1/full/caib_report_volume1.pdf)
24. Green J., Johnsson J. Boeing Dismantles DEI Team as Pressure Builds on New CEO. Bloomberg. Oct. 31, 2024. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-10-31/boeing-dismantles-diversity-team-as-pressure-builds-on-new-ceo>
25. Useem J. Boeing VS. Boeing America's export champion is going head-to-head with a company even tougher than Airbus: itself. Fortune Magazine. Oct. 2, 2000. [https://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune\\_archive/2000/10/02/288426/](https://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune_archive/2000/10/02/288426/)
26. Bogaisky J. How Employee Turnover Fueled Boeing's Quality Control. Forbes. Feb. 17, 2024. <https://www.forbes.com/sites/jeremybogaisky/2024/02/17/boeing-737-max-workers/>
27. Johnston H. Boeing's nosedive: How greed ruined a great American company. RT Business News. Jan. 27, 2024. <https://www.rt.com/business/591332-boeing-wall-street-profit/>
28. Johnsson J. Boeing Halts 777X Test Flights Over Cracks in Crucial Part. Bloomberg. August 20, 2024. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-08-19/boeing-halts-777x-flight-tests-over-damage-found-in-engine-mount>
29. Johnsson J. Boeing CEO Says Planemaker's Problems Will Take Time to Fix. Bloomberg. Oct. 23, 2024. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-10-23/boeing-ceo-says-planemaker-at-a-crossroads-will-take-time-to-fix>
30. Johnson E., Pashankar S., Grush L. Boeing Raises Doubts About Its Future in the Space Business. Bloomberg. Oct. 26, 2024. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-10-26/boeing-raises-doubts-about-its-future-in-the-space-business>
31. Gibson K. Boeing machinists vote to accept labor contract, ending 7-week strike. CBS News. Nov. 5, 2024. <https://www.cbsnews.com/news/boeing-strike-2024-vote-update/>
32. Lucia B. Boeing reports \$6 billion quarterly loss as union contract vote gets underway. Washington State Standard. Oct. 23, 2024. <https://washingtonstatestandard.com/2024/10/23/boeing-reports-6b-quarterly-loss-as-union-contract-vote-gets-underway/>

33. George B. Why Boeing's Problems with the 737 MAX Began More Than 25 Years Ago. Harvard Business School 'Working Knowledge'. Jan. 24, 2024.  
<https://hbswk.hbs.edu/item/why-boeings-problems-with-737-max-began-more-than-25-years-ago>
34. Frost N. The 1997 merger that paved the way for the Boeing 737 Max crisis. Quartz. January 3, 2020.  
<https://qz.com/1776080/how-the-mcdonnell-douglas-boeing-merger-led-to-the-737-max-crisis>
35. Wing-Uexkull C. Boeing's Uncontrolled Descent. IM-1776 magazine. March 18, 2024.  
<https://im1776.com/2024/03/18/boeing-decline/>
36. Машин В.А. Культура безопасности: предвестники значимых событий. Электрические станции, 2023. № 3, С. 34-48.
37. Машин В.А. Культура безопасности: принцип атмосферы доверия в организации. Электрические станции, 2018. № 9, С. 2-14.
38. Машин В.А. Культура безопасности: принцип организационного обучения. Электрические станции, 2021. № 10, С. 34-50.
39. Isidore C. Boeing's new CEO is already making an overdue change his first day on the job. CNN Business. August 8, 2024. <https://edition.cnn.com/2024/08/08/business/boeing-seattle-new-ceo/index.html>