

УДК 629.331

**ТЕХНОЛОГИЯ ВОДООТВОДНЫХ ШИН: ЭВОЛЮЦИЯ И
ЭФФЕКТИВНОСТЬ**

Барнышев Д.А., Малярчук А. А., Калинин Д.С., студенты гр. АТс-241,
II курс, очное обучение

Научный руководитель: Цыганков Д. В., к.х.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева, г. Кемерово

Аннотация:

В статье рассмотрена эволюция технологий проектирования автомобильных шин, ориентированных на эффективное водоотведение и предотвращение аквапланирования. Проведён анализ конструктивных особенностей рисунка протектора, инженерных решений по оптимизации гидродинамических процессов в пятне контакта, а также обобщена информация о современных методах компьютерного моделирования и испытаний. Обозначены перспективные направления развития шинной индустрии в контексте интеграции с электронными системами безопасности автомобиля.

Ключевые слова: шина, водоотвод, аквапланирование, рисунок протектора, гидродинамика, сцепление с дорогой, безопасность движения.

Обеспечение устойчивости автомобиля на мокром покрытии остается одной из ключевых задач безопасности дорожного движения. По данным статистики, сцепные свойства шин в дождливую погоду ухудшаются на 30–50%, а риск потери управления из-за аквапланирования возрастает многократно при скорости выше 80 км/ч. Вода, не успевающая отводиться из зоны контакта шины с дорогой, образует гидродинамический клин, который приподнимает автомобиль, полностью отрывая колеса от опорной поверхности [1, 4]. В этой статье рассматриваются, как эволюционировали подходы к созданию водоотводных систем шин, какие инженерные решения позволяют минимизировать риск аквапланирования и что ждет эту область в будущем.

При движении по мокрой дороге шина должна не только обеспечивать сцепление, но и выполнять функцию насоса, откачивающего воду из пятна контакта [1, 4]. Когда слой воды превышает глубину протектора или скорость движения становится критической, жидкость не успевает эвакуироваться. Возникает эффект гидродинамической смазки: давление в передней части пятна контакта возрастает настолько, что приподнимает шину [2, 4]. Потеря контакта с дорогой длится доли секунды, но этого достаточно для полной утраты управляемости. Инженерная задача заключается в создании такой геометрии протектора и внутренней структуры шины, которая обеспечивает

максимальную скорость отвода воды при сохранении стабильности качения [1, 3].

Первые автомобильные шины имели простой диагональный рисунок, который слабо справлялся с водой. Прорывом стало появление в середине XX века направленного рисунка протектора (arrow pattern). Такие шины, как *Pirelli Cinturato*, продемонстрировали значительно более высокую устойчивость на мокрой дороге благодаря V-образной форме канавок, ориентированных в сторону вращения [1, 4].

Современные шины используют комбинированные системы водоотвода [1, 3]:

- **Центральные продольные канавки** обеспечивают первичный отвод воды из центра пятна контакта, где сосредоточена основная нагрузка.
- **Поперечные ламели и канавки** создают множество дополнительных каналов, увеличивая общую пропускную способность системы.
- **Направленный (асимметричный) рисунок** позволяет разделить функции: внешняя сторона шины отвечает за сцепление в поворотах, внутренняя — за интенсивный водоотвод.

Важным этапом стало внедрение компьютерного моделирования гидродинамики (CFD). Сегодня производители, такие как *Michelin*, *Continental* и *Bridgestone*, проектируют протектор, рассчитывая траектории движения воды в миллисекундах, что позволяет оптимизировать форму канавок для снижения турбулентности и ускорения отвода жидкости [2, 4].

Эффективность водоотвода зависит не только от рисунка, но и от способности шины сохранять форму пятна контакта. Применение **силики (диоксида кремния)** в резиновых смесях стало революцией. Силикатные компаунды, впервые массово внедренные компанией *Michelin* в 1990-х годах, обеспечивают высокое сцепление на мокрой дороге без ущерба для износостойкости. В отличие от традиционного технического углерода, силика позволяет микроструктуре резины лучше взаимодействовать с микропрофилем влажного асфальта [3].

Жесткость каркаса и брекера также влияет на равномерность распределения давления в пятне контакта. Современные технологии, такие как **Bridgestone 3G RFT (Run-Flat Technology)** или **Continental ContiSilent**, хотя и направлены на другие аспекты безопасности, используют усиленную конструкцию, которая сохраняет стабильность геометрии протектора при высоких скоростях, предотвращая преждевременное схлопывание водоотводных каналов [4].

Развитие электронных систем автомобиля привело к появлению концепции «интеллектуальных шин». Современные разработки предполагают встраивание датчиков в конструкцию шины, которые передают на блоки ESP и ABS информацию о глубине протектора, температуре и, что наиболее важно, о толщине водяной пленки под колесом [4]. Например, систе-

ма **Continental ContiSense** использует проводящую резину для определения момента касания воды и предупреждает водителя о риске аквапланирования. В перспективе такие системы смогут автоматически ограничивать скорость автомобиля при попадании на участок с избыточным слоем воды.

Прогресс в области водоотводных шин невозможен без совершенствования методик тестирования. Стандартные краш-тесты здесь заменяются строгими полигонными испытаниями на аквапланирование. Ведущие испытательные центры, такие как **IDIADA (Испания)** или **UTAC (Франция)**, используют акваполигоны с контролируемой глубиной воды (обычно от 5 до 10 мм) и систему измерения скорости всплытия [5]. Автомобиль разгоняется на прямой, и фиксируется скорость, при которой происходит потеря контакта шин с дорогой. В рейтингах независимых организаций (ADAC, Tire Rack) шины, демонстрирующие наибольшую разницу между скоростью аквапланирования и эксплуатационной скоростью, получают высшие оценки безопасности. Несмотря на высокий уровень развития, проблема аквапланирования остается актуальной, особенно для крупных внедорожников и электромобилей с высоким крутящим моментом [2, 4].

Перспективные направления включают:

1. **Шины с изменяемой геометрией протектора.** Концепции, представленные Goodyear (AERO) и Michelin (Uptis), предполагают создание не пневматических конструкций, где рисунок протектора может адаптироваться к условиям: при движении по сухой дороге канавки сужаются для снижения сопротивления качению, а при дожде — расширяются, увеличивая пропускную способность водоотводной системы [4].

2. **Гидрофобные покрытия.** Разработки в области нанотехнологий позволяют наносить на внутреннюю поверхность канавок протектора покрытия, которые активно отталкивают воду, ускоряя её эвакуацию без увеличения глубины протектора [3, 4].

3. **Искусственный интеллект в проектировании.** Использование генеративных нейросетей позволяет перебирать миллионы вариантов рисунка протектора, находя геометрически неочевидные, но гидродинамически оптимальные формы, недоступные традиционным методам проектирования [2, 4].

Заключение

Эволюция водоотводных шин прошла путь от примитивных резиновых ободков до высокотехнологичных гидродинамических систем, тесно интегрированных с электроникой автомобиля [1, 4]. Современная шина — это сложный инженерный продукт, в котором форма канавок, химический состав резины и структурная жесткость каркаса работают как единый механизм, обеспечивающий безопасность на мокрой дороге [1, 3]. Достижения в области компьютерного моделирования и материаловедения позволили снизить риск аквапланирования на 30–40% по сравнению с шинами образца 1990-х годов

[2, 3]. В ближайшем будущем развитие этой области будет связано с интеллектуализацией шин, их переходом в разряд активных элементов системы управления автомобилем, что позволит сделать движение под дождем не только безопасным, но и комфортным, полностью нивелировав фактор погодных условий как причину ДТП [4].

Список литературы

1. Кнороз В. И., Кленников Е. В. Шины и колеса. — М.: Машиностроение, 2017. — 184 с.
2. Балабин И. В., Тарасов А. С. Исследование гидродинамических процессов в пятне контакта автомобильной шины при аквапланировании // Журнал автомобильных инженеров. 2021. № 3 (112). С. 24–29.
3. Петров А. Н., Смирнов В. В. Влияние состава резиновой смеси на сцепные свойства шин на мокром покрытии // Трение и износ. 2020. Т. 41. № 2. С. 156–162.
4. Gent A. N., Walter J. D. The Pneumatic Tire. — Washington, D.C.: National Highway Traffic Safety Administration, 2006. — 732 p.
5. Овсянников А. В., Кузнецов И. П. Методы оценки риска аквапланирования при проектировании автомобильных дорог // Вестник СибАДИ. 2022. № 5 (81). С. 12–19.