

# Состояние рынка композитов

## Конкурентные преимущества от использования композитов

Michelle Boucher, вице-президент компании Tech-Clarity

©2016 Tech-Clarity, Inc.



**Michelle Boucher** – вице-президент компании *Tech-Clarity* по исследованиям в области технического ПО. За более чем 20 лет стажа она работала в должности инженера, маркетолога, менеджера и аналитика. Имеет большой опыт в таких сферах, как проектирование изделий, симуляция, системный инжиниринг, механотроника, встроенное ПО, разработка печатных плат, улучшение эксплуатационных характеристик изделий, совершенствование процессов и пр.

Закончила с отличием *Babson College* и получила степень магистра делового администрирования (*MBA*), а также степень бакалавра по машиностроению в Вустерском политехническом институте.

Свою карьеру *Michelle Boucher* начинала как инженер-механик в компаниях *Pratt & Whitney* и *KONA* (в настоящее время – *Synventive Molding Solutions*). Затем более 10-ти лет работала в *PTC*, занимаясь технической поддержкой, менеджментом и маркетингом, где приобрела глубокое понимание потребностей конечных пользователей. Следующим занятием стал технический маркетинг в корпорации *Moldflow Corporation* (приобретена компанией *Autodesk*), являвшейся ведущим игроком на рынке симуляции процессов литья под давлением. В дальнейшем г-жа *Boucher* присоединилась к команде аналитической компании *Aberdeen Group*, где занималась исследованиями процессов, ведущих к созданию инновационных изделий, их разработки и подготовки производства.

*Michelle Boucher* – автор множества публикаций и опытный исследователь, опросивший более 7000 профессиональных разработчиков изделий и опубликовавший свыше 90 отчетов по лучшим практикам разработки. Цель её работы – помочь компаниям управляться со сложностью современных изделий, рынков, сред проектирования и цепочек создания добавленной стоимости для достижения высокой рентабельности.

### Краткий обзор

Сложность современных изделий возрастает, и существенным источником этого роста являются новые материалы. В частности, большое внимание уделяется композитам. Использование композитов действительно увеличивается и, как ожидается, эта тенденция сохранится и в следующие 15 лет. При таком росте количество работающих с композитами инженеров за следующие пять лет должно увеличиться на 15%. Осложняет применение композитов нехватка знаний о них. Даже те инженеры, которые уже работают с композитами, оценивают свои знания как средние. В совокупности увеличение сложности изделий, объема использования композитов и числа инженеров, которые с ними работают, означает, что компаниям потребуются лучшие способы для пополнения своих знаний о композиционных материалах.

Применение композиционных материалов является ключевым фактором, который должен помочь компаниям выделиться на рынке своими изделиями – за счет уменьшения веса, повышения производительности, снижения стоимости владения. Однако, учитывая их дороговизну, компании должны искать способы принимать

### Tech-Clarity

наилучшие решения для оптимизации количества композитов, применяемых для достижения эксплуатационных характеристик, – без чрезмерной технической сложности и при обеспечении прибыльности.

Чтобы понять, какие подходы являются лучшими, компания *Tech-Clarity* опросила 244 компании, желая выяснить, для каких целей они применяют

Увеличение сложности изделий, объема использования композитов и числа инженеров, которые с ними работают, означает, что компаниям потребуются лучшие способы для пополнения своих знаний о композиционных материалах.

Применение композиционных материалов является ключевым фактором, который должен помочь компаниям выделиться на рынке своими изделиями.

композицы, и определить лучшие практики и главные критерии выбора технологии. Дальнейший анализ выявил, как самые эффективные производители (*Top Performing companies*) решают проблемы проектирования и производства композитных деталей. Самые эффективные компании – это те, у которых выше производительность, которые быстрее конкурентов выпускают высококачественные продукты и способны лучше других выдерживать целевые показатели по себестоимости. По сравнению с остальными компаниями, их достижения включают:

- в 2.2 раза чаще оптимизируются конструкции деталей с целью добиться стабильности при производстве;
- на 59% чаще используются программные инструменты, способные автоматически связывать конструкторские и аналитические данные;

- в 2.5 раза чаще используются программные инструменты, способные автоматически обновлять определения композитов при внесении изменений.

В предлагаемом отчете рассматривается состояние рынка проектирования и производства изделий из композитов, а также предлагаются некоторые рекомендации в отношении лучших практик. Эти практики могут помочь компаниям увеличить преимущества от применения композитов в своих изделиях – за счет управления затратами, качеством и эффективностью.

## Рассмотрим содержание понятия сложности

Сегодня существует много возможностей для инноваций. При этом, поскольку компании заинтересованы в получении преимуществ от инноваций, изделия зачастую становятся всё более сложными. Повышение сложности подпитывается из множества источников. На рис. 1 показаны пять основных.

Создание инноваций и внедрение новых технологий напрямую влияют на конструкции изделий и на производственные процессы. Дополнительную сложность вносят такие факторы, как рост числа компонентов, более сложная геометрия, новые способы изготовления, а также распределение производства по всему миру.

Большую роль в увеличении сложности играют новые материалы, в том числе и на этапе проектирования. Сложность здесь добавляется вследствие неопределенности поведения и свойств материалов, недостатка понимания, как применение композитов влияет на производственные процессы, необходимости оставаться на вершине последних достижений по материалам. Использование новых материалов открывает и новые возможности для формирования геометрии и топологии изделий.



Рис. 1. Пять ключевых факторов, усложняющих создание изделий

И, наконец, сложность повышается из-за увеличения количества конфигураций изделия, необходимых для различных потребностей рынка, а также из-за расширения использования электроники и программного обеспечения.

Всё это делает и без того нелегкую работу по проектированию и производству изделий еще более трудной. Для роста и укрепления своего бизнеса компании должны найти способы ответить на эти вызовы. Конкурентное преимущество получают те, кто смогут лучше управляться со сложностью.

## Подготовка к грядущему росту применения композитов

Несмотря на то, что новые материалы привносят дополнительную сложность, они открывают много возможностей для инноваций. Применение композитов приобретает всё большую значимость. Фактически, 58% производителей уже используют композиты, а еще 16% планируют начать делать это. При этом, те, кто использует композиты,

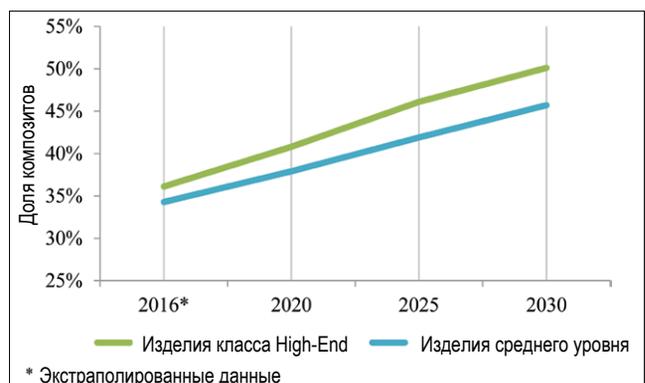
делают это, в среднем, в пяти-шести производственных программах. Кроме того, почти половина (47%) опрошенных ожидает, что с каждым годом применение композитов в их компании будет нарастать. Эти 47% состоят из 26%, которые планируют добавлять по несколько программ каждый год, и 21%, которые планируют ежегодно расширять сферу применения композитов, по крайней мере, на одну программу.

Помимо увеличения числа производственных программ, в которых задействованы композиты, растут и количественные показатели применения самих композиционных материалов. Респонденты, использующие композиты, ожидают, что в последующие 15 лет эти показатели продолжат расти – как для самой

Сложность добавляется вследствие неопределенности поведения и свойств материалов, недостатка понимания, как применение композитов влияет на производственные процессы, необходимости оставаться на вершине последних достижений по материалам.

Несмотря на то, что новые материалы привносят дополнительную сложность, они открывают много возможностей для инноваций.

Компаниям, работающим с композитами, потребуются специальные методы для пополнения имеющихся технических знаний.



\* Экстраполированные данные

Рис. 2. [Прогнозируемый] рост использования композиционных материалов

высококласной продукции (*High-End*), так и для продукции среднего класса. На **рис. 2** показан процент использования композитов сегодня и через 15 лет, согласно прогнозу производителей.

Одновременно с расширением применения композитов, компании также ожидают роста количества работающих с композитами инженеров – на +15%. Однако уровень знаний тех, кто уже работает с композитами, по 5-балльной шкале оценивается как 3.4. Это означает, что инженеры считают, что имеют базовые знания о композитах, но не оценивают себя как очень знающих или как экспертов. Недостаток опыта в сочетании с ростом использования композитов и количества вовлеченных инженеров приведет к тому, что компаниям придется искать лучшие способы для работы с композитами. Потребуется специальные методы для пополнения имеющихся технических знаний.

### Реализация возможностей с помощью композитов

Так что же является причиной роста использования композиционных материалов? Одна из основных причин – уменьшение за их счет веса изделий; это отметили 73% опрошенных. Если посмотреть на главные цели, заставляющие уменьшать вес изделия, то можно заметить, что в первую очередь они отражают желание сделать его более конкурентоспособным (**рис. 3**).

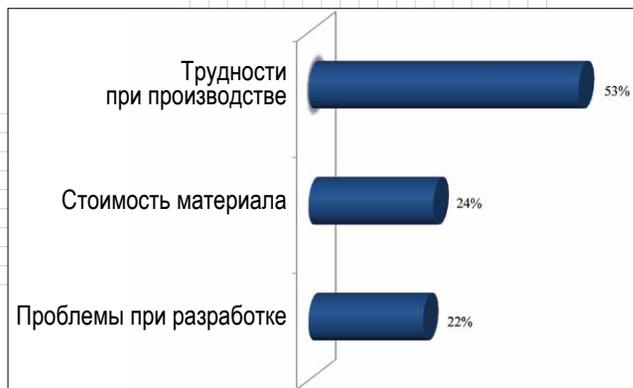
Самая важная цель снижения веса – улучшение технических характеристик, за нею следуют экономия топлива и повышение эксплуатационной безопасности изделия. Это показывает, что компании полагаются на использование композиционных материалов как на основной способ улучшения изделий для их лучшей дифференциации среди конкурентной продукции.

### Ответ на вызовы

Хотя композиционные материалы открывают много возможностей для улучшения изделий и



*Рис. 3. Основные цели, которые компании желают достичь за счет снижения веса изделий*



*Рис. 4. Основные драйверы роста затрат*

повышения их конкурентоспособности, здесь имеются и некоторые вызовы, о которых следует знать. Компании, изучающие возможность применения композитов, должны быть в курсе существующих в этой области проблем и способов их решения. Основные драйверы, вызывающие рост затрат в случае использования композитов, показаны на **рис. 4**.

Самый серьезный драйвер роста затрат – трудности, возникающие при производстве. К их числу относятся медленные процессы производства, значительные отходы материала и брак. Затем, почти в равных пропорциях, следуют такие вызовы, как стоимость материала и проблемы при разработке. Последние подразумевают слабое взаимодействие конструкторов и технологов, конструкторов и аналитиков, а также чрезмерное усложнение (применение дополнительных материалов) с

целью добиться избыточно хороших характеристик. Интересно отметить, что решение инженерных проблем поможет решить также и производственные проблемы. Улучшение коммуникации между разными группами технических специалистов и более глубокое знание производства инженерами помогут улучшить конструкторские решения, что вызовет улучшение продукции и уменьшение количества брака. Ограничения по усложнению помогут снизить стоимость материалов.

Чтобы принимать оптимальные решения, инженеры, обладающие лишь базовыми знаниями о композитах, нуждаются в ресурсах поддержки. С их помощью эти инженеры смогут обеспечить компании преимущества от использования композиционных материалов, сохраняя при этом управляемость затратами.

### Выявление самых успешных производителей

Чтобы понять, какие подходы при работе с композитами являются лучшими, исследователи из компании *Tech-Clarity* сначала выявили самых эффективных производителей (*Top Performers*). Респондентов просили оценить эффективность своих

**Табл. 1. Различия компаний по эффективности**

Показатель	Оценка в баллах	
	У лучших производителей	У средних производителей
Проектирование и изготовление высококачественных изделий	4.7	3.9
Скорость проектирования и изготовления изделий	4.4	3.3
Эффективность проектирования и изготовления изделий	4.6	3.3
Достижение целевых показателей по себестоимости	4.5	3.2

**Табл. 2. Преимущества, получаемые при накоплении опыта работы с композитами**

Показатель	Оценка в баллах	
	У лучших производителей	У средних производителей
Временной цикл создания деталей из композитов	сократился на 15%	сократился на 6%
Количество механических компонентов	уменьшилось на 13%	уменьшилось на 7%
Затраты на материалы	уменьшились на 10%	увеличились на 0.3%
Объем переделок	сократился на 11%	сократился на 1%

компаний в сравнении с конкурентами по четырем основным показателям разработки изделий. Для этого они могли использовать 5-балльную шкалу, где пятерка означает значительное преимущество над средним уровнем, а единица – наличие существенных проблем. Лучшие 20% компаний были квалифицированы нами как самые успешные производители. В табл. 1 приведены показатели, которые применялись для определения эффективности.

Самые эффективные компании заметно превосходят своих конкурентов, у которых средняя оценка колеблется около тройки.

По сравнению с периодом начала работы с композиционными материалами, самые эффективные компании отметили больше улучшений, чем их конкуренты (табл. 2).

Набравшись опыта работы с композитами, все компании увидели улучшение, но у самых эффективных производителей показатели улучшения оказались гораздо более существенными, чем

у конкурентов. Очевидно, что достичь успеха им помогли используемые практики. Интересно отметить, что эти компании лучше решают и проблемы при разработке. Только 5% успешных компаний посчитали их одним из драйверов роста затрат (рис. 5), и такое положение дел, по всей видимости, способствовало их успеху.

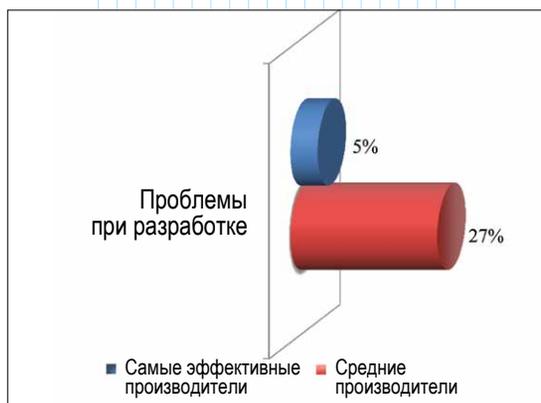
Интересно отметить, что отрасли с наибольшим опытом использования композитов – аэрокосмическая и оборонная – дали наибольший процент самых эффективных компаний (рис. 6).

Это указывает на то, что именно эти отрасли могут служить хорошим индикатором того, какие практики работы с композиционными материалами являются лучшими.

Только 5% успешных компаний посчитали проблемы при разработке одним из драйверов роста затрат.

### Понимание требований производства

Как видно из рис. 4, производственные вызовы являются самым большим драйвером роста затрат при использовании композитов. Основные



*Рис. 5. Эффективные компании не склонны считать драйвером роста затрат проблемы при разработке*



*Рис. 6. Распределение самых эффективных компаний по отраслям*



Рис. 7. Основные проблемы при производстве композитных деталей

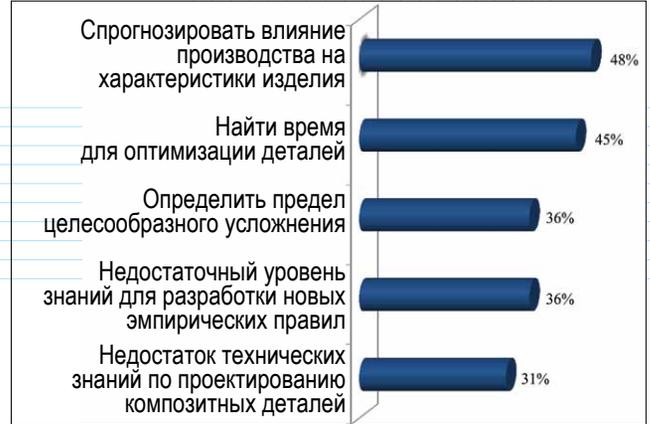


Рис. 9. Пять основных проблем при проектировании композитных деталей

проблемы производства деталей из композиционных материалов показаны на рис. 7.

Учитывая наличие этих проблем, эффективные компании оптимизируют свою продукцию, уделяя особое внимание проектированию конструкции, чтобы повысить стабильность при изготовлении (рис. 8). Вероятность того, что самые эффективные производители делают это, в 2.2 раза выше, чем у конкурентов.

Производственные вызовы являются самым большим драйвером роста затрат при использовании композитов. Самые эффективные компании оптимизируют свои продукты, уделяя особое внимание проектированию конструкции.

Путем оптимизации конструкции деталей самые эффективные компании уменьшают количество производственных проблем.

Если бы инженеры могли лучше прогнозировать то, что произойдет на производстве, они могли бы избежать излишнего усложнения.

(рис. 9). Эти проблемы, по большей части, сводятся к необходимости выделения дополнительных ресурсов для поддержки работы при наличии проблем в знаниях.

При проектировании инженерам нужны лучшие методы для прогнозирования того, что произойдет во время производства. Ориентация волокон оказывает значительное влияние на прочность композиционного материала.

Чтобы компенсировать эту неопределенность, изделия чрезмерно усложняют путем использования дополнительного материала, что повышает стоимость и замедляет производство. Если бы инженеры могли лучше прогнозировать то, что произойдет на производстве, они могли бы избежать излишнего усложнения. Недостаточно глубокое понимание также означает, что требуется больше времени для оптимизации деталей.

### Способы поддержки правильных конструкторских решений

Принимая во внимание, что путем оптимизации конструкции деталей самые эффективные компании уменьшают количество производственных проблем, мы рассмотрим лучшие практики проектирования. Для выявления этих практик будет полезно начать с разбора причин, которые делают сложным проектирование деталей с применением композитов

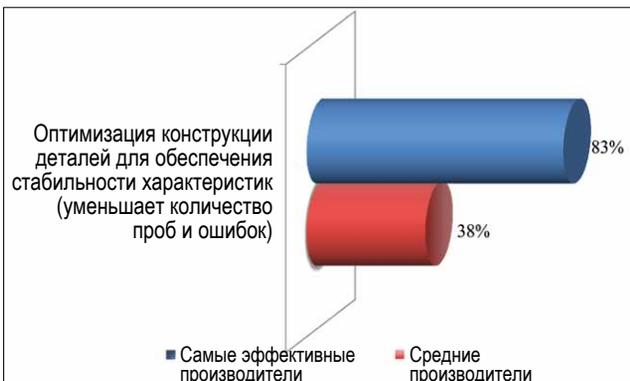


Рис. 8. Как оптимизируют изделие



Рис. 10. Влияние проблем проектирования на бизнес

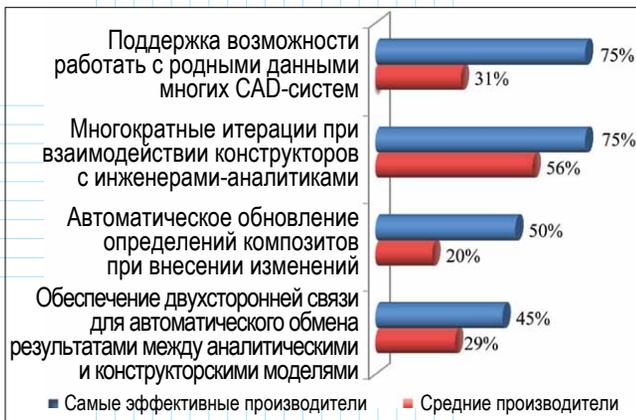


Рис. 11. Лучшие практики проектирования

Нерешенность этих проблем отрицательно влияет на бизнес (рис. 10). Неспособность принимать правильные конструкторские решения вызывает такие результаты, как большие затраты, дополнительное время и низкое качество. Неудивительно, что самые эффективные компании, которые лучше справляются с этими вызовами, имеют конкурентное преимущество.

На рис. 11 показаны лучшие практики, которые самые эффективные компании внедряли чаще, чем их конкуренты. Поэтому, мы можем считать, что это именно те практики, которые способствовали их успеху.

Для расширения узких мест и повышения эффективности самые эффективные производители в 2.5 раза чаще, чем остальные компании, используют такие средства проектирования, которые поддерживают данные нескольких САД-систем. Поэтому они не теряют время на повторное создание САД-информации. Аналогично, они с вероятностью в 2.5 раза больше, чем остальные, применяют инструменты, которые автоматически обновляют

Самые эффективные производители чаще, чем остальные компании, используют такие средства проектирования, которые поддерживают данные нескольких САД-систем.

Самые эффективные компании применяют программные инструменты, которые автоматически связывают конструкторскую и аналитическую информацию.

Самые эффективные компании ценят широту возможностей решения, но они также хотят быть уверенными, что оно интегрировано как с САЕ-инструментами, так и средой поддержки производства.

определение композитов при внесении изменений. Автоматизация экономит время и повышает качество.

Чтобы принимать правильные проектные решения, не допуская чрезмерного усложнения, и оптимизировать конструкции, самые эффективные компании лучше других обеспечивают возможность совместной работы инженеров-конструкторов и инженеров-аналитиков. Кроме того, самые эффективные компании на 59% чаще, чем остальные, используют программные инструменты, которые автоматически связывают конструкторскую и аналитическую информацию. В результате конструкторы сразу же получают пользу от проведения инженерного анализа, а аналитики сразу узнают о внесенных конструкторами изменениях – это экономит время и тем, и другим. При таком подходе они могут сделать множество итераций и поэтому получают более оптимальную конструкцию.

### Выбор правильной технологии

Для того, чтобы воплотить лучшие практики в жизнь, самым эффективным компаниям нужны правильные программные инструменты. В табл. 3 приводятся главные критерии выбора программной технологии. Respondентов попросили оценить критерии выбора программных решений для поддержки проектирования и производства изделий из композитов, опираясь на 5-балльную шкалу, где пятерка означает самый важный критерий.

Самые эффективные компании ценят широту возможностей решения, но они также хотят быть уверенными, что оно интегрировано как с САЕ-инструментами, так и со средой поддержки производства. Кроме того, эффективные производители считают более важным найти полное решение для работы с композитами (то есть для проектирования, анализа и производства) от одного вендора. И, наконец, принимая во внимание важность

Табл. 3. Оценка критериев выбора решений для проектирования и производства изделий из композитов

Критерий	Оценка в баллах	
	У лучших производителей	У средних производителей
Широта решения (его возможностей)	4.3	3.7
Интеграция с основной САЕ-системой	4.2	3.8
Комплексное решение от одного вендора	4.2	3.5
Интеграция с производством	4.2	3.8
Академические партнеры	4.0	3.0

актуальных достижений в области композиционных материалов, самые эффективные компании высоко ценят академических партнеров.

## Заключение

Применение композиционных материалов открывает большие возможности для снижения веса и повышения конкурентоспособности изделий, поэтому объем использования композитов увеличивается. Однако при этом увеличивается сложность как проектирования, так и производства. Для того чтобы сделать использование композитов более успешным, самые эффективные компании, заметно превосходящие своих конкурентов, оптимизируют детали под процесс изготовления из композиционных материалов. Кроме того, они внедрили некоторые лучшие практики проектирования и правильные программные инструменты. Внедряя вслед за ними лучшие практики, остальные компании могут ожидать таких улучшений, как сокращение длительности производственных циклов, снижение затрат на материалы, уменьшение брака.

Внедряя вслед за самыми эффективными производителями лучшие практики, остальные компании могут ожидать таких улучшений, как сокращение длительности производственных циклов, снижение затрат на материалы и уменьшение брака.

## Рекомендации

На основании своего знания отрасли и проведенных для данного отчета исследований, компания *Tech-Clarity* предлагает следующие рекомендации:

- Понять источники сложности и инвестировать в способы и инструменты, позволяющие управлять сложностью.
- Оценить рост применения композиционных материалов и выяснить, как большее их использование повлияет на ваши продукты и ваш рынок, когда конкуренты начнут внедрять композиты.
- Уделять внимание оптимизации конструкции деталей, чтобы повысить стабильность их изготовления из композиционных материалов.
- Усилить потенциал вашей растущей команды инженеров путем пополнения их знаний о применении композитов и предоставления доступа к инструментам, которые дадут им возможность принимать лучшие решения.
- Понять проблемы, связанные с проектированием деталей из композиционных материалов.
- Улучшать взаимодействие инженеров-конструкторов и инженеров-аналитиков, работающих с композиционными материалами.
- Убедиться, что ваши инструменты для работы с композиционными материалами поддерживают данные ваших CAD-систем.
- Выбирать программное решение, которое будет интегрировано как с CAE-инструментами, так и с вашей средой поддержки производства. ☺

## Как проводилось исследование

В ходе настоящего исследования, проведенного с помощью интернета, компания *Tech-Clarity* подготовила и разослала анкету о тенденциях в сфере применения композитов, а затем собрала и проанализировала ответы 244-х респондентов. Ответы были получены различными способами, включая электронную почту, социальные сети, а также посты на сайтах *Tech-Clarity*, *Siemens PLM Software* и *Composite World*.

Состав респондентов:

- 44% – рядовые сотрудники;
- 36% – менеджеры и директора;
- 20% – вице-президенты и выше.

Опрос охватывает компании разного размера из разных стран (оборот пересчитан в доллары США):

- 30% – компании с оборотом менее 100 млн. долларов;
- 19% – компании с оборотом от 100 млн. долларов до 1 млрд.;
- 16% – компании с оборотом от 1 млрд. долларов до 5 млрд.;
- 14% – компании с оборотом выше 5 млрд. долларов.

Остальные респонденты (21%) не захотели раскрывать размер своей компании или не знали его.

Опрошенные компании ведут глобальный бизнес во многих регионах. Больше всего компаний работает в Северной Америке (66%), немногим более трети (37%) – в Западной Европе, третья часть (33%) – в Азиатско-Тихоокеанском регионе; в Восточной Европе – 15%, в Латинской Америке – 12%, в Африке – 6%.

Среди респондентов хорошо представлены производственные компании из разных отраслей, включая: автомобилестроение (34%); аэрокосмическую и оборонную отрасль (30%); индустрию промышленного оборудования и машиностроения (20%); производство потребительских товаров, в том числе спортивных (17%); производство строительных изделий и конструкций (14%); энергетику, в том числе ветряную, (14%); сферу высоких технологий и электроники (9%) и прочие, включая науки о жизни, морское дело и др. Сумма долей превышает 100%, так как некоторые компании указали, что они активны более чем в одной отрасли.

Помимо производственных компаний в числе респондентов оказались провайдеры сервисов и программного обеспечения, но ответы тех, кто непосредственно не вовлечен в проектирование или изготовление изделий, при анализе не учитывались.

Спонсором исследования является компания *Siemens PLM Software*.