

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2020, №6, Том 12 / 2020, No 6, Vol 12 <https://esj.today/issue-6-2020.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/04SAVN620.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Носков И.В., Решетов М.М., Лютов В.Н., Ананьев С.А., Носков К.И. Причины снижения и определение прочности бетона фундаментов методами разрушающего и неразрушающего контроля при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений // Вестник Евразийской науки, 2020 №6, <https://esj.today/PDF/04SAVN620.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**For citation:**

Noskov I.V., Reshetov M.M., Lyutov V.N., Ananyev S.A., Noskov K.I. (2020). Main reasons of reduction and determination of concrete foundations strength by methods of destroying and nondestroying control in buildings' construction and operation. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 6(12). Available at: <https://esj.today/PDF/04SAVN620.pdf> (in Russian)

**УДК 691.32**

**Носков Игорь Владиславович**

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул, Россия  
Заведующий кафедрой «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия»  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: [noskov.56@mail.ru](mailto:noskov.56@mail.ru)  
РИНЦ: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=182140](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=182140)

**Решетов Михаил Михайлович**

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул, Россия  
Аспирант кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия»  
E-mail: [01101094@mail.ru](mailto:01101094@mail.ru)

**Лютов Владимир Николаевич**

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул, Россия  
Заведующий кафедрой «Технология и механизация строительства»  
Кандидат технических наук, доцент  
E-mail: [vnlutov@mail.ru](mailto:vnlutov@mail.ru)

**Ананьев Сергей Анатольевич**

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул, Россия  
Старший преподаватель кафедры «Технология и механизация строительства»  
E-mail: [ananda\\_hasita@mail.ru](mailto:ananda_hasita@mail.ru)

**Носков Кирилл Игоревич**

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», Барнаул, Россия  
Магистрант кафедры «Основания, фундаменты, инженерная геология и геодезия»  
E-mail: [nki88@yandex.ru](mailto:nki88@yandex.ru)

**Причины снижения и определение  
прочности бетона фундаментов методами разрушающего  
и неразрушающего контроля при строительстве  
и эксплуатации зданий и сооружений**

**Аннотация.** В статье приведены основные причины, влияющие на снижение несущей способности фундаментов зданий и сооружений. Авторами рассмотрены основные факторы влияющие на снижение прочности бетона фундаментов. В статье приведены основные дефекты

и повреждения фундаментных конструкций, возникающие при ненадлежащем выполнении строительно-монтажных работ, нарушение проектных решений, нарушение требований за уходом бетона в процессе его твердения, увеличения нагрузки на фундамент до набора им проектной прочности бетона, не учет климатических условий, отсутствие входного контроля материала. В статье приведена основная цель устранения этих дефектов в ходе планового ремонта, которая заключается в том, чтобы не допустить стремительного роста мелких трещин в бетонных конструкциях, исключить образование коррозии в арматуре, повысить защитные характеристики бетона. В статье приведены основные методы определения прочности бетона фундаментных конструкций разрушающими и неразрушающими методами. Рассмотрены преимущества и недостатки данных методов определения и контроля прочности бетона. Авторами приведена классификация неразрушающих методов и современная приборная база для определения прочностных характеристик бетона фундаментных конструкций. Также приведены методы, которые находятся на стадии экспериментального использования. Авторами сделан вывод о том, что методы неразрушающего контроля имеют некоторые преимущества над разрушающими, исключают образование повреждений конструкций, дают возможность отслеживать процесс твердения бетона, однако методы обладают высокой погрешностью измерений и наиболее точными методами неразрушающего контроля являются методы, основанные на изменении проницаемости ультразвука в бетоне или изменении величины отскока бойка от поверхности бетона.

**Ключевые слова:** фундамент; бетон; контроль; классификация; прочность бетона; дефекты и повреждения; снижение несущей способности фундаментов; техническое состояние; разрушающие методы; неразрушающие методы

Фундаменты зданий и сооружений являются важным конструктивным элементом. Они передают нагрузку от выше лежащих конструкций на основания. Фундаменты должны отвечать требованиям прочности, долговечности и устойчивости на всех жизненных циклах здания или сооружения в целом. Растущие объемы строительства ставят перед строителями задачи по снижению сроков возведения зданий и повышению качества строительной продукции. Стоимость работ по возведению фундамента может достигать до 20–25 % от общей стоимости объекта.

Однако стоимость работ и сроки возведения здания могут быть увеличены из-за некачественного выполнения работ. Нарушение технологических процессов, отступление от проектной документации и отсутствие входного контроля материалов на строительной площадке ведут к снижению качества строительной продукции и несущей способности как отдельных конструкций и здания в целом [1].

Рассмотрим основные факторы снижения несущей способности фундаментов:

- **Деформация опалубки при укладке бетона.** Применение ненадлежащих материалов не обеспечивают необходимую жесткость опалубки, что влечет за собой геометрическое изменение сечения конструкции и смещение арматурного каркаса. Уменьшение сечения приводит к уменьшению несущей способности конструкции.
- **Ранняя распалубка конструкций.** Из-за желания увеличить производительность работ, строители нарушают режимы выдерживания бетона и производят распалубку конструкций с нарушением технологических карт. Распалубка конструкций при большом сцеплении бетона и опалубки влечет за собой снижения качества поверхности конструкций.

- **Недостаточная величина защитного слоя бетона.** Возникает из-за смещения арматурного каркаса или отсутствия фиксаторов защитного слоя. Из-за недостаточной величины защитного слоя бетона возникает коррозия арматуры и в следствии уменьшение её сечения, что влечет за собой снижение несущей способности конструкций.
- **Несоответствие проекту армирования конструкций.** Отклонение от проектного диаметра арматуры каркаса в железобетонных фундаментах ведут к снижению несущей способности конструкции.
- **Применение арматуры со значительным уменьшением сечения коррозией.** Применении арматуры с фактической площадью сечения меньшей чем заложено в проектной документации не обеспечивает восприятия прогнозируемых нагрузок [2].
- **Пониженная степень уплотнения смеси будущего бетонного слоя.** В бетонных элементах образуются каверны (раковины), это приводит к значительному снижению прочности (несущей способности). Кроме того, это создает предпосылки для увеличения проницаемости конструкций, что в свою очередь ускоряет образование коррозионных процессов в арматуре.
- **Увеличение нагрузки на фундамент до набора бетоном проектной или нормативной прочности.** Фундамент с не достаточной прочностью бетона не сможет в полной мере воспринять нагрузки от смонтированных конструкций, что приведет к деформации конструкции и образованию дефектов [3].
- **Не правильный выбор метода или не качественное выполнение работ при ведении работ в суровых климатических условиях.** Не верно учтенные климатические условия и геометрические характеристики фундамента, а также не правильном подборе материала утепления и недостаточная тепловая обработки приводит к раннему замораживанию бетона, в следствии чего после оттаивания бетон не набирает проектную прочность.
- **Отсутствие гидроизоляции фундамента и стен подвалов.** Постоянное замачивание железобетонных конструкций приводит к коррозии арматуры, что приводит к уменьшению её сечения и появлению коррозионных трещин в конструкциях.
- **Отсутствие входного контроля материалов.** При отсутствии входного контроля вырастает риск использования строительных материалов, не отвечающих требованиям проектной документации.
- **Отсутствие технического/авторского надзора.** При привлечении специалисты технического надзора, значительно снижаются риски, связанные с отступлением от проектной документации и действующих строительных норм.
- **Отсутствует планировка прилегающей территории, отмстка зданий или сооружений не соответствует нормативным требованиям.** Это приводит к замачиванию фундамента и стен подвала, что ведет к образованию дефектов, ведущих к снижению несущей способности [4].

Согласно ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния» выделяют 4 технических состояния строительных конструкций: нормативное, работоспособное, ограниченно-работоспособное и аварийное.

При нормативном техническом состоянии все конструкции здания соответствуют установленным в проектной документации значениям с учетом пределов их изменения.

Процесс избавления от дефектов должен сопровождаться значительным повышением степени долговечности бетонных элементов. Сделать это можно только с помощью увеличения величины долговечности материалов. Трещины располагающиеся в зонах залегания арматуры должны быть устранены заделкой. Бетонные конструкции в удручающем аварийном состоянии, как правило, имеют значительные деформации, видимые невооруженным глазом, свидетельствующими об исчерпании несущей способности и опасности обрушения и (или) характеризующаяся кренами, которые могут вызвать потерю устойчивости объекта.

Обеспечение высокой степени долговечности и прочности бетонных элементов напрямую зависит от качества применяемых материалов [5]. Поэтому вопросы качества исходных материалов ставятся в первую очередь. Что касается избавления от последствий дефектов бетонных элементов, то его осуществляют с использованием локального проекта.

Конструкции, не соответствующие проектным и нормативным требованиям, следует усиливать еще на стадии строительства объекта, что влечет за собой дополнительные затраты на разработку проектной документации, дополнительного строительного материала и трудозатрат рабочих. Так же влечет за собой увеличения и срока строительства.

Прочность бетона является одной из наиболее важных характеристик бетонных и железобетонных конструкций, в том числе и фундаментов. Она задается классом бетона (В), измеряемым в МПа, и выражает максимальное давление сжатия, которое выдерживает материал без разрушения [6].

Методики определения прочности бетона и обработку результатов конструкций регламентируют нормативные документы – ГОСТы – 22690-201; 28570-2019; 18105-2018; 10180-2012.

Методы контроля прочности бетона можно условно можно разделить на 2 основные группы:

- Разрушающие.
- Неразрушающие.

Детально рассмотрим каждую группу методов.

**Разрушающие методы** контроля прочности бетона основаны на отборе образцов, выбуренных или выпиленных из конструкции, которые разрушаются на прессе.



*Рисунок 1. Испытание выбуренного образца бетона на прессе  
(источник <https://beton-house.com/izdeliya/stenovoye/bloki-gazobetonnye-gost-107>)*

Также при бетонировании конструкций изготавливаются образцы из той же рабочей бетонной смеси и выдерживаются в условиях максимально приближенных к условиям твердения конструкции. Повышенная степень точности определения прочностных свойств бетонных элементов является неоспоримым достоинством данного метода.

Недостатками метода являются высокая трудоемкость, высокая стоимость работ и вероятность образования дефектов, которые способны повлечь за собой снижения несущей способности конструкции.

**Неразрушающие методы контроля** актуальны при значительном объеме определения прочностных характеристик. Такие методы позволяют осуществлять контроль как в процессе возведения, так и в процессе эксплуатации объекта.

Главные преимущества неразрушающего контроля заключается в сохранении целостности конструкции и сохранении эксплуатационных характеристик конструкции.

Неразрушающие методы определения прочности бетона, подразделяют на две группы: прямые и косвенные.

К прямому методу относятся:

**Скалывание ребра.** Измеряется усилие, нужное для скалывания бетона в углу конструкции. Обычно способ используют для выявления прочности линейных сооружений (колонны квадратного сечения, сваи, балки). Диапазон применения метода от 5 МПа до 70 МПа.

Преимущества метода: простота реализации и отсутствие необходимости в предварительной подготовке.

Недостатки метода: не применяется для бетона с величиной защитного слоя менее 20 миллиметров, а также поврежденного монолита [7].

К приборам выполняющие испытания скалывание ребра относятся: ОНИКС-1.СР, ПОС-50МГ4 "Скол" и др.



*Рисунок 2. Прибор для измерения прочности бетона методом «Отрыв ребра» ОНИКС – 1.СР (источник <https://novosibirsk.tiu.ru/p362995770-oniks-1sr030-izmeritel.html>)*

**Отрыв со скалыванием.** Оценивается усилие, нужное для разрушения бетона в процессе вырывания из него анкера.

Диапазон применения метода от 5 МПа до 100 МПа. Преимущества метода: высокий уровень точности, наличие градуировочных зависимостей по ГОСТу.

Недостатки метода: невозможность применять для оценки густоармированных и тонкостенных сооружений, трудоемкость.

К приборам выполняющие испытания отрыва со скалыванием относятся: ОНИКС-ОС, ПОС-60МГ4 «СКОЛ» и др.



*Рисунок 3. Прибор для измерения прочности бетона методом «Отрыв со скалыванием» ОНИКС – ОС (источник <https://www.interpribor.ru/measuring-the-strength-of-the-separation-with-shear-fracture-onyx-1-os>)*

**Отрыв металлических дисков.** Фиксируют усилие, разрушающее бетон в момент отрыва от него диска из металла. Метод использовали часто в советское время, сегодня практически не применяют из-за наличия ограничений в плане температурного режима.

Диапазон применения метода от 5 МПа до 60 МПа [8].

Преимущества метода: возможность испытывать густоармированные конструкции, низкий уровень трудоемкости.

Недостатки метода: необходимость в предварительной подготовке (диски клеят на поверхность бетонного монолита за 3–24 часа до начала проверки).

К приборам выполняющие испытания отрыва металлических дисков относятся: ОНИКС-АП и др.



*Рисунок 4. Прибор для измерения прочности бетона методом «Отрыв диска» ОНИКС – АП (источник <https://www.interpribor.ru/force-meter-dug-facade-anchors-onyx-1-va>)*

К косвенному методу относятся:

**Ударный импульс.** Боёк со сферическим ударником под действием пружины ударяется о поверхность. Энергия удара расходуется на деформации бетона. В результате пластических деформаций образуется лунка, в результате упругих возникает реактивная сила. Электромеханический преобразователь превращает механическую энергию удара в электрический импульс. Результаты выдаются в единицах измерения прочности на сжатие.

Диапазон применения метода от 10 МПа до 70 МПа, погрешность измерений  $\pm 50\%$ .

Преимущества метода: компактное оборудование, простота проведения испытания [9].

Недостатки метода: относительно невысокая точность.

К приборам выполняющие испытания ударным импульсом относятся: ИПС-4.03, ОНИКС-2.5 и др.



**Рисунок 5.** Прибор для измерения прочности бетона ударно импульсным методом ОНИКС – 2.5 (источник <https://market.yandex.ru/offer/-aA4Lv6AlP3VSFFhrzY6Sg?clid=932&lr=197>)

**Упругий отскок.** Метод упругого отскока заимствован из практики определения твёрдости металла. Для испытаний применяют склерометры – пружинные молотки со сферическими штампами. Система пружин допускает свободный отскок после удара.

Диапазон применения метода от 5 МПа до 50 МПа, погрешность измерений  $\pm 50\%$ .

Преимущества метода: простота и скорость проведения испытания.

Недостатки метода: Жёсткие требования к процедуре подготовки контрольных участков.

К приборам выполняющие испытания упругим отскоком относятся: Молоток Шмидта ORIGINAL SCHMIDT, ИПС-МГ4 и др.



**Рисунок 6.** Прибор для измерения прочности бетона

методом упругого отскока Молоток Шмидта ORIGINAL SCHMIDT (источник [https://novosibirsk.tiu.ru/search?search\\_term=%D0%BC%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA+%D0%B4%D0%BB%D1%8F+%D0%B8%D1%81%D0%BF%D1%8B%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9&not\\_found=True](https://novosibirsk.tiu.ru/search?search_term=%D0%BC%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA+%D0%B4%D0%BB%D1%8F+%D0%B8%D1%81%D0%BF%D1%8B%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B9&not_found=True))

**Пластическая деформация.** Суть метода в определении твёрдости поверхности посредством измерения следа, который оставляет стальной шарик/стержень, встроенный в молоток.

Диапазон применения метода от 5 МПа до 50 МПа, погрешность измерений  $\pm 30 \dots 40 \%$ .

Преимущества метода: простота проведения испытания [10].

Недостатки метода: невысокая точность результатов.

К приборам выполняющие испытания методом пластических деформаций относятся: Молоток Кошкарлова.



**Рисунок 7.** Прибор для измерения прочности бетона методом пластических деформаций Молоток Кошкарлова (источник <https://informbuilding.ru/molotok-kashkarova-princip-dejstviya-i-instrukciya-po-primeneniyu-opredelenie-prochnosti-betona-etalonnyim-sklerometrom-preimushhestva-i-nedostatki/>)

**Ультразвуковое обследование.** Метод основан на регистрации скорости прохождения ультразвуковых волн сквозь бетонную конструкцию. Диапазон применения метода от 10 МПа до 40 МПа, погрешность измерений  $\pm 30 \dots 50 \%$ . Преимущества метода: возможность проведения массовых испытаний неограниченное число раз и оценка прочности глубинных слоёв конструкции. Недостатки метода: высокие требования к качеству поверхности и высокая квалификация персонала проводящих испытания.

К приборам выполняющие ультразвуковые обследования относятся: Ультразвуковой томограф А1040 МІРА, Ультразвуковой тестер УК1401 и др.





**Рисунок 8.** Прибор для измерения прочности бетона ультразвуковым обследованием UK1401 (источник <https://novosibirsk.tiu.ru/p11675313-ultrazvukovoj-tester-betona.html>)

Также существует ряд методов, которые менее востребованные или находятся на стадии экспериментального использования.

К таким методам относятся:

**Метод электрического потенциала.** Основан на регистрации параметров электрического поля, взаимодействующего с объектом контроля или возникающего в объекте контроля в результате внешнего воздействия.

**Вибрационный метод.** Основан на мониторинге и анализе ключевых показателей вибрации (колебаний), которую создает функционирующий исследуемый объект.

Контроль прочности бетонных конструкций осуществляется в установленном проекте возрасте в соответствии с графиком испытаний, а также при необходимости реконструкции здания или сооружения в ходе проведения обследования.

Осуществление контроля за прочностью бетона возводимых конструкций даёт возможность оценить распалубочную и отпускную прочность, сравнить реальные характеристики материала с паспортными.

## Выводы

Проанализировав приведенные выше причины снижения прочностных характеристик бетона фундаментов можно сделать следующие выводы:

- Большинство строительных организаций не имеют надлежащего штата квалифицированных работников, способных вести контроль качества монолитных бетонных работ.

- Как правило, строительные организации не имеют достаточной материальной и приборной базы для выполнения и контроля прочностных характеристик бетона при выполнении монолитных бетонных работ.
- При ведении работ в большинстве случаев пренебрегают техническим или авторским надзором.
- Зачастую в строительных организациях отсутствует входной контроль поступающих строительных материалов.
- Наиболее точными методами определения прочностных характеристик бетонных конструкций являются разрушающие методы.
- Методы неразрушающего контроля имеют некоторые преимущества над разрушающими (исключают образование повреждений конструкций, дают возможность отслеживать процесс твердения бетона и др.), однако методы обладают высокой погрешностью измерений.
- Наиболее точными методами неразрушающего контроля являются ультразвуковой метод и метод упругого отскока.
- Для определения прочностных характеристик бетонных конструкций целесообразно сочетать методы разрушающего и неразрушающего контроля.
- При выборе метода контроля прочностных характеристик бетона следует учитывать конструктивные особенности испытываемых конструкций.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Носков, И.В. Усиление оснований и реконструкция фундаментов: учебник / И.В. Носков, Г.И. Швецов. – М.: Абрис (лицензиат товарного знака «Высшая школа»), 2012 – 134 с.
2. Берестевич М.Л. Неразрушающий контроль прочности бетона в мостостроении // Мир дорог. 2014. №9. с. 22–27.
3. Леонович С.Н., Снежков Д.Ю. Исследование неравнопрочности бетона на объекте монолитного строительства комплексным неразрушающим методом // Изв. вузов. Строительство. 2009. № 8. С. 108–115.
4. Леонович С.Н., Тур В.В., Снежков Д.Ю. Оценка характеристической прочности на сжатие бетона в конструкциях посредством косвенных методов испытаний // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы междунар. академических чтений РААСН. Курск: Курский гос. ун-т, 2010. С. 160–166.
5. Снежков Д.Ю., Леонович С.Н. Неразрушающий контроль бетона монолитных конструкций // Строительная наука и техника. Минск. 2009. № 4. С. 76–84.
6. Alilou Vahid. K. and Teshnehlab Mohammed. "Prediction of 28-day compressive strength of concrete on the third day using artificial neural networks", International Journal of Engineering (IJE), Volume (3), Issue (6). 2010. Pp. 23–25.
7. Bentzl, Dale P., Max A. Peltzl, and John Winpighler. "Early-Age Properties of Cement-Based Materials: II. Influence of Water-to-Cement Ratio", ASCE Journal of Materials in Civil Engineering, 21 (9), 2009. Pp. 512–517.
8. Kausay Tihor and Tania K. Simon. Acceptance of concrete compressive strength. Concrete Strength, Annual Journal of the Hungarian Group of fib, Budapest, Vol. 8. Pp. 54–63.
9. Соловьянчик, А.Р. Обеспечение повышенных требований к уходу за твердеющим бетоном при возведении конструкций транспортных сооружений / А.Р. Соловьянчик, А.В. Гинзбург, И.С. Пуляев // Вестник МГСУ. – 2013. – № 10. – С. 156–165.
10. Мозгаяёв, К.М. Эффективность применения самоуплотняющихся бетонов при возведении монолитных зданий в зимних условиях / К.М. Мозгалёв, С.Г. Головнев, Д.А. Мозгалёва // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2014. – Т. 14, № 1. – С. 33–37.

**Noskov Igor Vlalislavjdich**

Polzunov Altai state technical university, Barnaul, Russia  
E-mail: E-mail: noskov.56@mail.ru

РИИЦ: [https://www.elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=182140](https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=182140)

**Reshetov Mikhail Mikhailovich**

Polzunov Altai state technical university, Barnaul, Russia  
E-mail: 01101094@mail.ru

**Lyutov Vladimir Nikolaevich**

Polzunov Altai state technical university, Barnaul, Russia  
E-mail: vnlutov@mail.ru

**Ananyev Sergey Anatolyevich**

Polzunov Altai state technical university, Barnaul, Russia  
E-mail: ananda\_hasita@mail.ru

**Noskov Kirill Igorevich**

Polzunov Altai state technical university, Barnaul, Russia  
E-mail: nki88@yandex.ru

## **Main reasons of reduction and determination of concrete foundations strength by methods of destroying and nondestroying control in buildings' construction and operation**

**Abstract.** The article is devoted to the main reasons of decreasing the bearing capacity and concrete' strength of buildings' foundations.

The main defects and damages of foundation structures are given the reasons of which are: improper execution of construction and installation works, contravention of design solutions, contravention of the requirements for the maintenance of concrete during its hardening, increase in the load on the foundation until it reaches the design strength of concrete, not taking into account climatic conditions, lack of incoming control material.

The main ways to eliminate these defects during scheduled repairs are to prevent the rapid growth of small cracks in concrete structures, to exclude the formation of corrosion in reinforcement, and to increase the protective characteristics of concrete.

The article presents the main ways of determination of concrete foundations strength by destructive and non-destructive methods, as well as advantages and disadvantages of these methods.

Presented classification of non-destructive methods and a modern instrument base for determining the strength characteristics of concrete foundations, also are given methods that are at the stage of experimental use.

It is concluded that non-destructive testing methods have some advantages over destructive ones, as exclude the damage of structures, make it possible to track the process of concrete hardening, however, this methods have a high measurement error.

The most accurate non-destructive testing methods are based on changing the ultrasound permeability in concrete or changing the amount of rebound of the striker from the concrete surface.

**Keywords:** foundation; concrete; control; classification; concrete strength; defects and damages; decreasing the bearing capacity of foundations; technical condition; destructive methods; non-destructive methods