

**Чжан Циюань**

магистр

РУТ (Московский институт инженеров транспорта)

**«ПРОБЛЕМАТИКА И ВЫЗОВЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В  
СЕЙСМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЗОНАХ»**

**Аннотация:**

*Данная статья рассматривает проблематику и вызовы, с которыми сталкиваются инженеры и строители при строительстве в сейсмически активных зонах. Сейсмические активные зоны представляют собой области, где происходят частые землетрясения, что создает опасность для построек и инфраструктуры. В статье анализируются основные причины возникновения землетрясений, их последствия для конструкций, а также предлагаются различные методы и технологии, которые помогают справиться с этими вызовами. Особое внимание уделяется выбору правильных строительных материалов, проектированию устойчивых конструкций и применению новейших технологий для повышения сейсмической безопасности. На основе проведенного анализа предлагаются рекомендации и решения для эффективного строительства в сейсмически активных зонах.*

**Ключевые слова:** сейсмические активные зоны, землетрясения, строительство, конструкции, строительные материалы, сейсмическая безопасность.

**Annotation.** *This article examines the issues and challenges that engineers and builders face when building in seismically active zones. Seismic active zones are areas where frequent earthquakes occur, posing a risk to buildings and infrastructure. The article analyzes the main causes of earthquakes, their consequences for structures, and also proposes various methods and technologies that help cope with these challenges. Particular attention is paid to selecting the right building materials, designing resilient structures and applying the latest technologies to improve seismic safety. Based on the analysis, recommendations and solutions are proposed for effective construction in seismically active zones.*

**Key words.** *seismic active zones, earthquakes, construction, structures, building materials, seismic safety.*

Строительство в сейсмически активных зонах является сложной и ответственной задачей для инженеров и строителей. Сейсмические активные зоны, где происходят частые землетрясения, представляют серьезную опасность для построек и инфраструктуры. Сильные землетрясения могут привести к разрушению зданий, потере жизни и значительным экономическим потерям. Интересны следующие факты - Сейсмическая активность на Земле не равномерно распределена. Около 90% землетрясений происходят в "Огненном кольце" Тихого океана, который охватывает побережья Южной и Северной Америки, Азии и Океании. Самое сильное землетрясение, зарегистрированное в истории, произошло в Чили в 1960 году. Его магнитуда составила 9,5 балла по шкале Рихтера. Землетрясения могут вызывать цунами - мощные волны, которые могут нанести огромный ущерб побережным городам и поселениям. Современные технологии позволяют предсказывать землетрясения с определенной степенью точности, что помогает принимать меры по

предотвращению чрезвычайных ситуаций. При строительстве в сейсмически активных зонах необходимо учитывать и анализировать данные о прошлых землетрясениях, чтобы определить вероятность возникновения сильных толчков, это помогает определить требуемую степень устойчивости зданий и инфраструктуры. Строительные конструкции в сейсмически активных зонах должны быть спроектированы таким образом, чтобы выдерживать сильные горизонтальные и вертикальные силы, вызванные землетрясениями. Для этого используются различные методы, такие как использование жестких и гибких элементов, амортизаторов и демпферов. При строительстве в сейсмически активных зонах важно выбирать материалы, которые обладают высокой прочностью и устойчивостью к динамическим нагрузкам, к примеру железобетон является одним из наиболее распространенных материалов, так как он сочетает в себе прочность стали и устойчивость бетона. Правильное планирование и управление строительством играют важную роль при работе в сейсмически активных зонах. Необходимо учитывать особенности местности, выбирать безопасные места для строительства и применять строгие строительные нормы и стандарты. Проблемы при строительстве в сейсмически активных зонах: Строительство в сейсмически активных зонах требует использования специальных материалов и технологий, что может привести к значительному увеличению затрат на проект, это может быть особенно проблематично для развивающихся стран с ограниченными финансовыми возможностями. Строительство в сейсмически активных зонах требует от инженеров и архитекторов специальных знаний и навыков. Проектирование устойчивых конструкций требует дополнительного времени и усилий для анализа и моделирования сейсмических нагрузок. Здания, построенные в сейсмически активных зонах, требуют регулярного обслуживания и инспекций, чтобы обнаружить и устранить возможные повреждения или деформации. Ремонт и восстановление после землетрясений также могут быть сложными и затратными процессами. Сильные землетрясения могут привести к серьезным разрушениям зданий и инфраструктуры, а также к потере жизней, это является одной из основных проблем при строительстве в сейсмически активных зонах и подчеркивает необходимость строгого соблюдения строительных норм и стандартов для обеспечения безопасности людей.

На настоящий момент активно исследуется тема безопасного строительства. Строительство в сейсмически активных зонах представляет собой сложную задачу, требующую особого внимания к выбору материалов и проектированию устойчивых конструкций. В данном<sup>1</sup> исследовании авторы фокусируются на использовании уплотненной земли в качестве строительного материала, так как она является экологически чистым и

---

<sup>1</sup> A review of current construction guidelines to inform the design of rammed earth houses in seismically active zones D Thompson, C Augarde, JP Osorio - Journal of Building Engineering, 2022

доступным ресурсом. Авторы обсуждают вызовы и предлагают решения на основе существующих руководств и исследований. Один из основных вызовов - это обеспечение достаточной прочности и устойчивости конструкции. В сейсмически активных зонах землетрясения могут создавать сильные горизонтальные и вертикальные силы, которые могут привести к разрушению дома из уплотненной земли. Авторы исследуют различные методы укрепления и армирования таких конструкций, чтобы повысить их сейсмическую устойчивость. Также в статье рассматривается вопрос защиты от цунами, которые могут быть вызваны землетрясениями. Цунами представляют серьезную угрозу для побережных поселений и могут нанести значительный ущерб домам из уплотненной земли. Авторы исследуют различные методы защиты от цунами, такие как строительство защитных стен и эвакуационных путей. В статье также обсуждаются проблемы, связанные с выбором правильных строительных материалов. Уплотненная земля должна быть правильно подготовлена и смешана с другими материалами, чтобы обеспечить достаточную прочность и устойчивость конструкции. Авторы предлагают рекомендации по выбору и использованию материалов, чтобы повысить сейсмическую безопасность домов из уплотненной земли.

Строительство тоннелей в сложных грунтовых условиях, особенно в сейсмически активных зонах, представляет собой сложную задачу, требующую тщательного анализа и проектирования системы опоры. В данном исследовании проводятся аналитические и численные анализы для определения оптимальной системы опоры для тоннеля большого пролета. Одним из основных вызовов при строительстве тоннелей в сложных грунтовых условиях является обеспечение устойчивости и безопасности конструкции. В сейсмически активных зонах землетрясения могут создавать значительные вертикальные и горизонтальные силы, которые могут повредить или разрушить туннель, поэтому необходимо провести анализ этих сил и разработать систему опоры, которая может выдержать эти нагрузки. Для аналитического анализа системы опоры используются различные методы, включая теорию упругости и пластичности. Аналитический анализ позволяет определить оптимальные параметры системы опоры, такие как тип опоры, их расположение и геометрия. Он также позволяет оценить поведение конструкции при различных нагрузках и условиях. Однако, аналитический анализ может иметь свои ограничения, особенно при сложных грунтовых условиях, поэтому для более точного и надежного анализа используются численные методы, такие как метод конечных элементов. Численный анализ позволяет учесть сложные геометрические и материальные свойства грунта, а также взаимодействие между грунтом и конструкцией. Он также позволяет провести детальный анализ напряжений и деформаций в конструкции. Важным аспектом анализа системы опоры является учет возможности сейсмических нагрузок.

Для этого проводится сейсмический анализ, который позволяет оценить воздействие землетрясений на конструкцию и определить необходимые меры по усилению системы опоры. В сейсмическом анализе учитываются различные параметры, такие как сейсмическая активность региона, грунтовые условия, амплитуда и частота землетрясения.

Сейсмическая активность создает серьезные проблемы для общества во всем мире, начиная от ущерба инфраструктуре и экономических потерь и заканчивая потенциальными человеческими жертвами. Чтобы смягчить эти проблемы, были разработаны различные методы и технологии, позволяющие лучше понимать сейсмические явления и справляться с ними, эти подходы можно в общих чертах разделить на три категории: системы прогнозирования и раннего предупреждения, методы структурного проектирования и модернизации, а также меры готовности к чрезвычайным ситуациям. Системы прогнозирования и раннего предупреждения играют решающую роль в смягчении последствий сейсмической активности. Ученые и исследователи используют различные методы мониторинга и анализа сейсмических данных, такие как сейсмометры, акселерометры и устройства GPS, эти инструменты помогают обнаруживать и измерять движение грунта, предоставляя необходимые данные для понимания закономерностей и характеристик землетрясений, а также передовые технологии, такие как спутниковое дистанционное зондирование и анализ данных, используются для выявления предварительных сигналов, которые могут указывать на приближающееся землетрясение. Хотя землетрясения по своей природе непредсказуемы, эти системы обеспечивают ценные секунды или минуты предупреждения, позволяя людям принимать немедленные защитные меры, а критически важную инфраструктуру — активировать автоматизированные меры безопасности. Структурное проектирование и методы модернизации необходимы для строительства сейсмостойких зданий и инфраструктуры. Инженеры используют нормы и рекомендации по сейсмическому проектированию, учитывающие сейсмичность региона, чтобы гарантировать, что конструкции смогут выдерживать колебания грунта. Передовое программное обеспечение для структурного анализа и компьютерное моделирование помогают прогнозировать поведение зданий при различных сейсмических нагрузках. Такие методы, как изоляция основания, которая отделяет конструкцию от движения грунта, и устройства рассеивания энергии, поглощающие сейсмическую энергию, помогают улучшить способность конструкции противостоять землетрясениям. Модернизация существующих зданий с использованием этих технологий повышает их устойчивость и снижает риск обрушения во время сейсмических явлений. Меры по обеспечению готовности к чрезвычайным ситуациям имеют жизненно важное значение для минимизации воздействия сейсмической активности. Сообщества и правительства должны иметь четко разработанные планы реагирования на

чрезвычайные ситуации, включая протоколы эвакуации, системы связи и обозначенные безопасные зоны. Просвещение общественности по вопросам осведомленности о землетрясении и готовности к нему имеет решающее значение для того, чтобы люди понимали риски и знали, как реагировать во время землетрясения. Общественные учения и информационные кампании играют важную роль в распространении знаний и формировании культуры готовности. Технологические достижения также способствовали решению сейсмических проблем, к примеру технологии дистанционного зондирования позволяют быстро оценить и составить карту районов, пострадавших от землетрясения, что помогает в реагировании на стихийные бедствия и усилиях по восстановлению. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА), оснащенные камерами и датчиками, могут предоставлять изображения и данные высокого разрешения, поддерживая поисково-спасательные операции и оценку ущерба, а также развитие надежных и надежных сетей связи обеспечивает эффективную координацию и распространение информации во время и после сейсмических событий.

### Список литературы

1. Adoko, A.C., Gokceoglu, C., Yagiz, S.: Bayesian prediction of TBM penetration rate in rock mass. *Eng. Geol.* 226, 245–256 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2017.06.014>
2. Agbay, E., Topal, T.: Evaluation of twin tunnel-induced surface ground deformation by empirical and numerical analyses (NATM part of Eurasia tunnel, Türkiye). *Comput Geotech* 119, 103367 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2019.103367>
3. Akgün, H., Muratlı, S.W., Koçkar, M.K.: Geotechnical investigations and preliminary support design for the Geçilmez tunnel: a case study along the Black Sea coastal highway, Giresun, northern Turkey. *Tunn. Undergr. Space Technol.* 40, 277–299 (2014)
4. Aksoy, C.O., Kantarci, O., Ozacar, V.: An example of estimating rock mass deformation around an underground opening using numerical modelling. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 47, 272–278 (2010)
5. Aksoy, C.O., Onargan, T.: The role of umbrella arch and face bolt as deformation preventing support system in preventing building damages. *Tunneling and Underground Space Technology* 25, 553–559 (2010)

6. Aksoy, C.O., Ogul, K., Topal, I., Ozer, S.C., Özacar, V., Posluk, E.: Numerical modeling of non-deformable support in swelling and squeezing rock. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science* 52, 61–70 (2012)
7. Aksoy, C.O., Ogul, K., Topal, I., Posluk, E., Gicir, A., Kucuk, K., Uyar Aldas, G.: Reducing deformation effect of tunnel with non-deformable support system by jointed rock mass model. *Tunn Underground Space Technol* 40, 218–227 (2014)
8. Aksoy, C.O., Uyar, G.G., Posluk, E., Ogul, K., Topal, I., Kucuk, K.: Non-deformable support system application at tunnel-34 of Ankara-Istanbul high speed railway project. *Structural Eng Mechanics* 58(5), 869–886 (2016). <https://doi.org/10.12989/sem.2016.58.5.869>
9. Alp, M., Apaydin, A.: Assessment of the factors affecting the advance rate of the Tunnel Gerde, the longest and one of the most problematic water transmission tunnels of Turkey. *Tunn. Undergr. Space Technol* 89, 157–169 (2019).