ОЦЕНКА СЕЙСМОУСТОЙЧИВОСТИ ЗДАНИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ ПРИ УВЕЛИЧЕНИИ РАСЧЕТНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ

УДК 626.01.004.6

Волосухин Виктор Алексеевич
Директор Института безопасности гидротехнических сооружений, доктор технических наук, профессор

Дыба Владимир Петрович
Главный научный сотрудник Института безопасности гидротехнических сооружений, доктор технических наук, профессор

Моргунов Владимир Николаевич
Старший научный сотрудник Института безопасности гидротехнических сооружений, кандидат технических наук, профессор

В условиях сейсмической опасности находится значительная часть территории Российской Федерации, на которой проживает порядка 10% населения. Количество объектов, требующих выполнения мероприятий по их сейсмоусилению, по независимым экспертным оценкам, составляет до 10 тысяч объектов [1].

Произошедшие в последние годы на территории России крупные землетрясения, в том числе и в районах, традиционно не считавшихся опасными (г. Калининград, 2004 г.), либо прогнозировавшихся на меньшую балльность (10-балльное землетрясение 2006 года в Корякском автономном округе), выявили проблему дефицита сейсмостойкости многих зданий и сооружений, проектировавшихся и строившихся по старым нормативным требованиям и представляющих вследствие этого источник повышенной опасности.

Промышленные и водохозяйственные объекты, расположенные в ЮФУ и построенные на основе карты ОСР-78, по большей части не соответствуют воздействиям, предусмотренным с позиций карты ОСР-97В (рис.1). Территория Краснодарского края по сейсмичности в баллах ОСР-97 разделяется следующим образом: 34% территории – 6б, 31,5% – 7б, 33,5% – 8б, 1% – 9б. Следовательно, необходимо обеспечение сейсмобезопасности расположенных здесь гидротехнических сооружений.

По заказу ФГУ «Управление Кубаньмелиоводхоз» Институтом безопасности гидротетехнических сооружений были проведены исследовения сейсмоустойчивости зданий насосных станций №1-6, 13 Черноерковской оросительной системы в Славянском районе и насосных станций №4, 7, 12 Понуро-Калининской оросительной системы в Калининском районе Краснодарского края в связи с планируемой их реконструкцией.

а)

б)

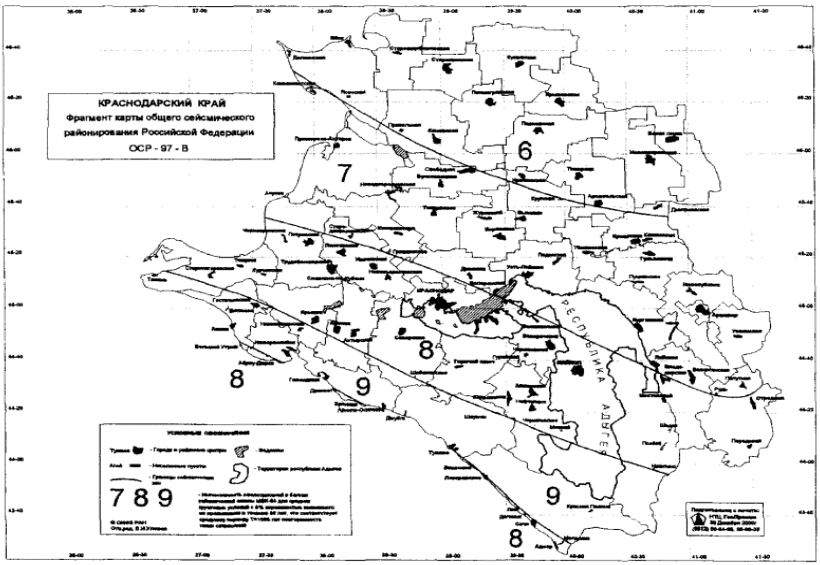

Рис. 1. Карты сейсморайонирования Краснодарского края:
а – ОСР-78, б – ОСР-97В

Здания насосных станций, как правило, представляют собой блок, состоящий из подземной части и верхнего строения (рис.2). Подземная часть блока выполнена в опускном колодце радиусом 8-12 м глубиной 8-10 м из сборных железобетонных элементов, объединенных в нижней и верхней частях монолитными железобетонными плитами или в монолитном железобетоне.

Верхнее строение (машзал) каркасного типа, как правило, выполнено из сборного железобетона. Безопасность насосных станций при сейсмическом воздействии обеспечивается, прежде всего, устойчивостью надземного блока (здания с железобетонным каркасом).

Сейсмостойкость сооружений, их фундаментов и оснований оценивается расчетом по первой группе предельных состояний на особое сочетание нагрузок, которое включает сейсмическое воздействие. Существуют две главные причины разрушения надземных сооружений при землетрясениях: инерция и резонанс с сейсмическими волнами.

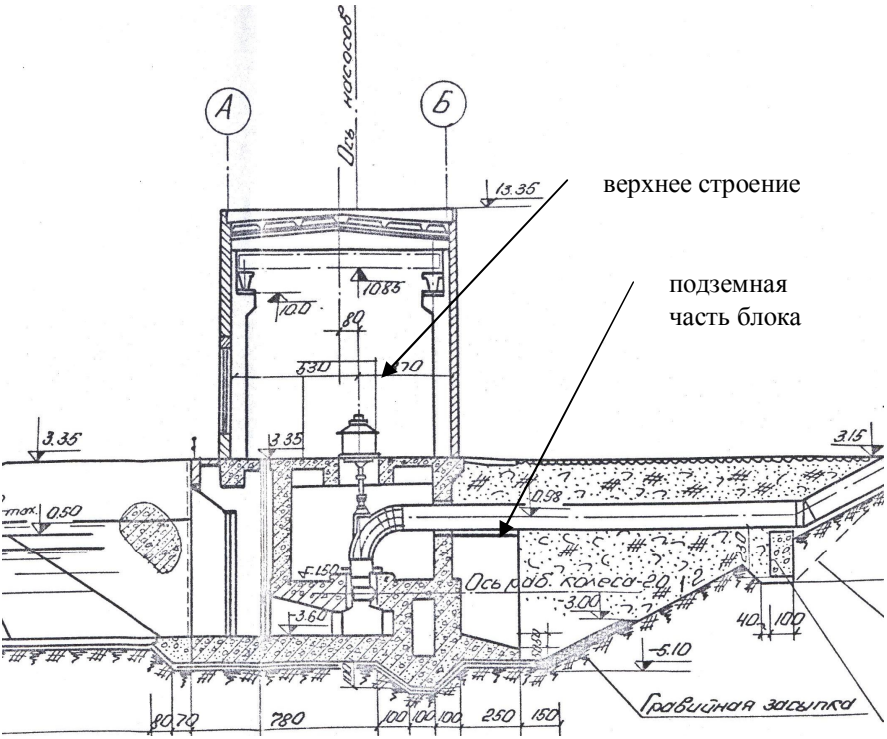

Рис.2. Конструктивное решение насосной №3 Черноерковской оросительной системы (разрез)

Наиболее опасными для сооружения, не находящегося в эпицентре землетрясения, являются поверхностные волны, представляющие собой смесь волн Лява и волн Релея [2]. Поверхностные волны являются длинными волнами, длина которых может измеряться сотнями метров. Поперечные размеры здания машзала станций не превышают 12 метров. Следовательно, с высокой степенью точности можно считать, что все здание находится в одной фазе волны. Это позволяет произвести интегральный, укрупненный расчет рассматриваемого сооружения.

Проведенные расчеты заключались в сравнении сейсмической нагрузки и изгибающих моментов в колоннах каркаса, им вызванных, с предельными изгибающими моментами в колоннах, зависящих от их геометрических размеров, армирования и прочности бетона. Если суммарный изгибающий момент от сейсмических нагрузок не превышает суммарного предельного изгибающего момента на колонны, то сооружение сохраняет свою устойчивость.

Сейсмические силы определялись по формулам (1) и (2) СНиП II-7-81* и зависели от категории грунта по сейсмическим свойствам, расчетной сейсмичности, веса покрытия, колонн и других конструкций, а также от временных нагрузок и других факторов.

Предельные изгибающие моменты колонн, характеризующие их несущую способность, определялись по СНиП 2.03.01-84.

При расчетах конструкций использовались упруго-пластические модели сплошной среды. При расчете здания использовалась динамическая модель, представляющая собой невесомую вертикальную одноэлементную консоль с сосредоточенной массой, принимаемой в уровне покрытия, с жесткой заделкой в основании.

Для каждого сооружения производился расчет сечений колонн в двух наиболее опасных уровнях: на уровне низа подкрановой балки; на уровне заделки колонн в фундамент.

При расчете взаимодействий сооружений с окружающей грунтовой средой следует учитывать разнообразие сейсмических воздействий, а также, что может оказаться существенным, последствия сейсмического воздействия на окружающий сооружение грунт. Сейсмическое воздействие может привести к аварии сооружения не только непосредственно, вызвав недопустимые дополнительные напряжения в момент прохождения сейсмической волны, но и в результате остаточных изменений в грунтовой среде основания сооружения. Появляющиеся в результате землетрясения разломы, трещины, оползни, осадки земной поверхности – возможные причины аварийных ситуаций в последующем.

Дополнительные напряжения в строительных конструкциях сооружения и фундамента связаны с местными перемещениями грунта. Эти перемещения появляются в по причине:

- просадок макропористых грунтов в результате замачивания (просадочными свойствами обладают лессы, лессовидные супеси, суглинки, глины, маловлажные структурные пески);
- увеличения объема набухающих грунтов при замачивании и пучении пучиноопасных грунтов при отрицательных температурах;
- осадки земной поверхности, вызываемой горными выработками;
- силового воздействия оползающих грунтов.

Влияние всех рассмотренных неблагоприятных грунтовых условий на эксплуатацию сооружения усиливается сейсмической активностью.

На Юге России широко распространены макропористые грунты с пористостью n>40%. При сейсмическом воздействии такие грунты могут уплотняться, вызывая деформацию земной поверхности. Особенно опасны в этом отношении водонасыщенные пески, имеющие пористость выше критической пористости. При сейсмическом воздействии такие пески переходят в текучее состояние вследствие возрастающего гидродинамического давления, вызываемого выжимаемой из пор водой. Потеря несущей способности таких оснований сопровождается отжатием на поверхность грунтовых вод.

Одним из наиболее неустойчивых оснований является аллювий – материал, переносимый реками и покрывающий днища долин, где чаще всего и возводят гидротехнические сооружения. Известно, что для оснований, сложенных аллювием, характерен эффект поглощения слабых колебаний и усиления интенсивных, порождаемых сильными землетрясениями.

В конструкциях обследованных насосных станций отсутствовали прямые и косвенные признаки неравномерных деформаций грунтового основания (нет просевших участков поверхности в местах расположения фундаментов, отсутствуют характерные трещины в стенах здания, нет существенных отклонений железобетонных элементов каркаса от проектного положения). У большинства обследованных насосных станций роль фундамента играет монолитный ж/б блок, заглубленный на 8-14 м. Площадь подошвы составляет 400-800 м^2. Ясно, что дополнительное давление на грунт, вычисляемое как разность веса сооружения и веса вынутого грунта, деленная на площадь подошвы, весьма невелика. С момента постройки насосных станций в 1980-х годах свойства грунтов оснований, безусловно, улучшились. При длительном воздействии нагрузок на грунты в процессе эксплуатации зданий уменьшается коэффициент пористости грунтов оснований, увеличивается удельное сцепление, вследствие чего упрочняется грунт и увеличивается модуль деформации грунтов.

Можно заключить, что появление дополнительной сейсмической силы, вызванной 8-балльным землетрясением, равной примерно 0,2 веса

сооружения, не приведет к существенным осадкам и кренам, способным затруднить эксплуатацию сооружений.

По результатам проведенных исследований было установлено, что основные конструкции насосных станций, как правило, находятся в удовлетворительном состоянии. Расчетная сейсмичность площадки строительства с учетом современных норм повысилась на 1-2 балла. Фактически выполненные несущие строительные конструкции насосных станций позволяют эксплуатировать сооружения в современных условиях. В то же время некоторые конструктивные решения, примененные при строительстве станций, не учитывали современное повышение расчетной сейсмичности площадки и не соответствуют требованиям 3-го раздела СНиП II-7-81*:

1. В зданиях насосных станций недостаточна жесткость дисков перекрытий, выражающаяся в отсутствии антисейсмических поясов и связей между плитами покрытий (перекрытий).

2. В зданиях имеются перепады высот между машзалом и вспомогательными помещениями, отсутствует антисейсмический шов.

3. В некоторых зданиях отсутствовали вертикальные металлические связи между колоннами.

Для повышения сейсмоустойчивости зданий насосных было рекомендовано выполнить следующие мероприятия в соответствии с конструктивными решениями по серии 0.00-2.96с [3], выпуски 0-0…0-8:

1. Для обеспечения большей жесткости дисков покрытий и перекрытий в горизонтальной плоскости и совместной работы отдельных плит объединить их с помощью шпонок, тяжей или набетонки.

2. Участки стен, выступающих над покрытием (парапеты и фронтоны), усилить с использованием жестких вертикальных элементов или устройством двухсторонних растворных или железобетонных «рубашек».

3. Выполнить антисейсмический шов между машзалом и пристройкой.

4. Для увеличения жесткости здания в продольном направлении в среднем шаге колонн установить вертикальные связи, обеспечивающие геометрическую неизменяемость конструкции рамы каркаса и передачу всех горизонтальных усилий на фундаменты.

Стоимость одного и того же здания, определяемая на стадии проектирования, при строительстве в двух сейсмических районах отличается на 5-8% при разнице сейсмических воздействий в 1 балл. Усиление существующих зданий на 1 дополнительный балл сейсмического воздействия будет стоить ориентировочно вдвое дороже не считая затрат или потерь, связанных с частичной или полной приостановкой выполнения основной функции такого здания. Стоимость обеспечения сейсмобезопасности существующих объектов промышленного и водохозяйственного назначения при изменении расчетной сейсмичности безусловно можно понизить,

применяя существующие конструктивные решения с учетом особенностей зданий, учитывая улучшение свойств грунтов оснований с момента постройки и используя в расчете фактические физико-механические характеристики материалов несущих конструкций, полученные по результатам обследования.

Библиографический список

1. Концепция федеральной целевой программы «Развитие систем жизнеобеспечения муниципальных образований в сейсмоопасных районах» на 2009-2017 годы». Министерство регионального развития Российской Федерации, 2008.

2. Безопасность гидротехнических сооружений и строительных объектов при сейсмических воздействиях: Учеб. пособие / В.А. Волосухин, В.П. Дыба, В.Н. Моргунов; Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ); Новочерк. гос. мелиоративная академия. – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2009. – 167 с.

3. Серия 0.00-2.96с. Повышение сейсмостойкости зданий. ЦНИИПРОМЗДАНИЙ, 1998.