

УДК 624.014

РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК АК «АЛРОСА»



Ф. Ф. ПОСЕЛЬСКИЙ,
зав. кафедрой, доцент,
канд. техн. наук



А. Г. АЛЕКСЕЕНКО,
зав. сектором,
канд. техн. наук



В. С. СУПЛЕЦОВ,
зав. лабораторией,
lab.nsk.82@mail.ru

Северо-Восточный федеральный университет
им. М. К. Аммосова, Якутск, Россия

Введение

Как показывает опыт, одной из основных проблем обеспечения безопасности зданий и сооружений является их повреждаемость в период эксплуатации от технологических воздействий, неравномерных деформаций грунтового основания, перегрузок конструкций, вмешательства персонала (изменения конструктивного решения, различные вырезы и пр.). Несмотря на то, что длительно эксплуатируемые конструкции постепенно подвергаются физическому износу, аварийные ситуации в них возникают довольно редко из-за наличия резервов несущей способности, заложенных еще при проектировании.

Резервы несущей способности строительных конструкций определяются нормами проектирования, которые отражают уровень накопления знаний в области строительной механики к моменту проектирования здания [1]. В дальнейшем, постоянно совершенствуясь, нормы в целом обуславливают постепенное снижение запасов несущей способности. Соответственно, в зданиях старой постройки резервы несущей способности, как правило, значительны, снижаясь со смещением даты постройки здания. Так, запас прочности фундаментов в зданиях первых массовых серий достигает 30 %, основной части несущих конструкций — около 50 %, а отдельные элементы недогружены в несколько раз [2, 3].

На основании изучения материалов натурных обследований можно выделить следующие факторы, корректирующие величину резерва несущей способности в конструкциях каркасов производственных зданий:

- более точное определение механических характеристик и химического состава сталей, из которых изготовлены конструкции обследованного каркаса; это часто дает возможность повы-

Проанализировано напряженно-деформированное состояние конструктивных элементов зданий обогатительных фабрик. Выявлены основные факторы снижения несущей способности конструкций.

Ключевые слова: долговечность, прочность, эксплуатационная среда, коррозионный износ, резерв, несущая способность, нагрузки и воздействия, напряженно-деформированное состояние, расчетная схема, обогатительная фабрика.

DOI: dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.09.14

сить расчетное сопротивление по сравнению с тем, что было принято при проектировании;

- индексация элементов, сечения которых увеличены при изготовлении по сравнению с принятыми при проектировании (как правило, допускаются изменения сечений в большую сторону);

- уточнение нагрузок от собственной массы конструкций (главным образом, за счет замены старых утеплителей на современные более легкие);

- переоценка полезных технологических нагрузок на перекрытиях и площадках, которые при проектировании назначаются часто с запасом, с ориентацией на старое тяжелое оборудование;

- учет реальных условий эксплуатации мостовых кранов и нагрузок от них;

- более точный расчет каркасов с учетом их действительной работы под нагрузкой; наибольший эффект при этом дает пространственный расчет каркасов, где в комплексе включаются в работу все элементы каркаса, включая подкрановые балки и ограждающие конструкции.

Особенностью зданий обогатительных фабрик является их многоэтажность, которая обусловлена спецификой технологического процесса [4, 5]. Для фабрик в северных регионах характерно применение принципа блокировки цехов в одном главном корпусе, что позволяет сокращать расходы на их строительство и эксплуатацию. В результате объемно-планировочные решения фабрик довольно сложные, с индивидуальной конфигурацией в плане и многочисленными перепадами по высоте.

Здания фабрик состоят из нескольких цехов и отделений, которые представляют собой одно- и двухпролетные многоярусные рамы, оборудованные мостовыми кранами. В преобладающем большинстве обследованных зданий, расположение междуэтажных перекрытий нерегулярное, разбивка каркаса на этажи производится по заданным отметкам поверхности пола. Конструктивные решения элементов несущих конструкций цехов обогатительных фабрик характеризуются большим разнообразием, особенно

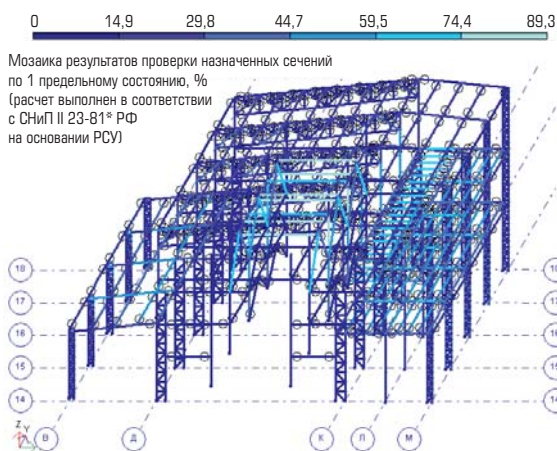


Рис. 1. Пространственная расчетная схема каркаса здания главного корпуса обогатительной фабрики



Рис. 2. Фактический (усиленный) узел сопряжения ригелей с колоннами



Рис. 3. Фактическое (шарнирное) сопряжение верхнего пояса стропильной фермы с колонной (по проекту жесткое, с использованием «рыбки»)

колонн и балок перекрытий. Сопряжение ригеля (ферм) с колоннами и крепление колонн в фундаментах в основном жесткое. Балки перекрытий и покрытий к колоннам и стойкам крепятся, за редким исключением, шарнирно.

Методика и результаты экспериментальных исследований

Для оценки резервов несущей способности строительных конструкций обогатительных фабрик АК «АЛРОСА» выполнен анализ напряженно-деформированного состояния их конструктивных элементов; экспериментальные исследования и проверочные расчеты осуществлены Северо-Восточным федеральным университетом имени М. К. Аммосова (СВФУ) и ООО «НПО «Надежность» в ходе обследования фабрик за период с 1980 по 2014 г. При оценке несущей способности строительных конструкций использовали программный комплекс «Лира», в необходимых случаях принимали во внимание динамические воздействия (**рис. 1**).

Расчеты проводили с учетом фактических условий закрепления конструкций, реальных размеров сечений и прочностных характеристик материалов [6, 7]. Рассматривались расчетные сочетания усилий от совместного действия постоянных, временных и кратковременных нагрузок. На некоторых объектах вели расчеты отдельных участков каркаса и рабочих площадок.

Если в проверочных расчетах используются фактические значения нагрузок — полезных, технологических, атмосферных, от собственной массы строительных конструкций и т. д. с применением методов статистического анализа, то существенный запас связан, во-первых, с устранением дискретности параметрического ряда, принятого в СП 20-13330-2011 [8] и в других нормативных документах, и, во-вторых, с учетом фактического распределения реализованных нагрузок, включая атмосферные нагрузки в таких малоизученных регионах, как Республика Саха (Якутия).

Уточнение расчетной схемы сооружения предполагает выявление всех элементов, участвующих в работе системы, установление фактической жесткости элементов, податливости узлов, реальной схемы загрузки. Например, в процессе строительства из-за дефекта изготовления (грибовидности полок) сварных колонн каркаса обогатительной фабрики № 14 были изменены фланцевые узлы сопряжения ригелей с колоннами (**рис. 2**) [9]. Соединение на высокопрочных болтах было заменено на сварное с использованием пластин по торцам полок элементов, что было учтено в расчетах. Также встречались случаи изменения схемы опирания конструкций; например, проектом предусматривалось жесткое сопряжение, а в процессе строительства без каких-либо согласований выполнялось шарнирное соединение (**рис. 3**) [10]. Данные факты приводили к перераспределению усилий в конструкциях.

Снеговые и ветровые нагрузки являются одним из основных нагрузок, определяющих материалоемкость несущих конструкций одноэтажных промышленных зданий и сооружений. Доля снеговой нагрузки в общей нагрузке, воздействующей на конструкции покрытия, достигает для легких конструкций 90 %.

Длительные натурные наблюдения, проведенные кафедрой строительных конструкций и проектирования СВФУ на кровлях промышленных зданий АК «АЛРОСА», наглядно показали существенные отличия фактических снеговых нагрузок от нагрузок, принимаемых при проектировании в соответствии с СП 20-13330-2011 [8]. Проведенный анализ выявил, что расхождения в основном произошли из-за неучета особенностей климата и недостаточного объема выборки данных при районировании Западной Якутии. Почти 50 % территории Западной Якутии не соответствует по величине снеговой нагрузке, принятой по карте районирования в нормах [8]. Так, для многих населенных пунктов Мирнинского района, где расположена основная часть производственных объектов АК «АЛРОСА», величина расчетной снеговой нагрузки по СП 20-13330-2011 принята 120 кгс/м^2 , тогда как фактическая по ТСН 20.301-97 [11] составляет 215 кгс/м^2 . Данное обстоятельство привело к перенапряжениям конструкций покрытия многих объектов: обогатительной фабрики № 8 в г. Айхал (перенапряжения ригелей), обогатительной фабрики № 5 в г. Мирном (отрывы сварных швов ригелей) и др. Однако обрушение перечисленных конструкций не произошло из-за запасов (резервов), заложенных при проектировании.

Данные недостатки были в определенной степени устранены после выхода в 1997 г. территориальных строительных норм ТСН 20.301-97, разработанных Якутским государственным университетом (ныне СВФУ) совместно с ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко и МГСУ (Москва). В связи с этим при проектировании зданий и сооружений повышенного уровня ответственности (класс КС-3) на территории РС(Я) рекомендуется применять именно ТСН 20.301-97.

Наиболее спорным вопросом при назначении расчетного значения снеговых нагрузок на основе статистической обработки многолетних метеоданных о максимальных параметрах снежного покрова является выбор соответствующей обеспеченности.

В США [12–17] и ряде европейских стран (Австрия, Бельгия, Финляндия, Германия и др.) [18] расчетные значения веса снегового покрова земли принимаются с обеспеченностью 0,98. В канадских нормах [19] значение расчетной нагрузки принято с обеспеченностью 0,67. Принимаемые в настоящее время в нашей стране расчетные значения снеговых нагрузок показывают, что учитываемые в нормах проектирования строительных конструкций снеговые нагрузки допускают приемлемую надежность для зданий с небольшим сроком службы. Накопленный опыт свидетельствует о том, что значительных обрушений конструкций покрытий не наблюдалось в связи с запасом, заложенным в проектные решения. Со снижением резервов несущей способности в современных нормативных документах дальше уповать на них не приходится. Поэтому при назначении снеговых нагрузок следует пользоваться территориальными нормами (картами районирования), а расчетные величины назначать с учетом срока службы зданий.

Ветровые нагрузки на здания и сооружения в настоящее время определяются лишь по СП 20-13330-2011 [8]. Деталь-

ный анализ содержащихся в этом документе норм позволил предъявить к ним ряд претензий. Так, действующие карты районирования в СП 20-13330-2011 по средней скорости ветра за зимний период и давлению ветра в течение года разработаны 40 лет назад по данным весьма ограниченного числа метеостанций. Недостатком норм является отсутствие единого подхода по вероятностному назначению нагрузок; нормативные значения снеговых нагрузок применяются с обеспеченностью 0,85, тем самым предопределяют разную надежность. Не обосновано применение единого значения коэффициента надежности по ветровым нагрузкам (1,4). Линейные размеры производственных зданий чаще всего превышают их высоту; соответственно распределение ветровой нагрузки по СП 20-13330-2011 принимается равномерным и учитывается максимальное значение аэродинамического коэффициента, что приводит к увеличению уровня ветрового давления. Следует отметить, что для случая многопролетных рам, характерных для каркасов обогатительных фабрик, уточнение ветровых нагрузок не приводит к существенному снижению несущей способности конструкций (чего нельзя сказать о высотных сооружениях ограниченной площади).

Обобщенные результаты проверочных расчетов элементов обогатительных фабрик приведены в **табл. 1, 2** по видам конструктивных элементов (% использования несущей способности).

Рассмотрим полученные результаты по конструктивным элементам: колонны, фермы и балки покрытия, балки перекрытий.

Колонны. По результатам расчетов наибольшие запасы по использованию несущей способности выявлены в колоннах. В табл. 1 показано распределение резервов несущей способности колонн (запасов по предельным состояниям первой группы), в % от расчетного сопротивления стали. В среднем запасы несущей способности по фабрикам № 3, 8, 14, 16 находятся в пределах 30–40 %, только на ОФ № 12 запасы составляют 1–10 %, небольшой запас несущей способности обусловлен значительными коррозионными повреждениями колонн.

Фермы и балки покрытия. Резервы несущей способности ферм, состоящих из многих элементов, колеблются от 9 до 80 % (см. табл. 1, 2). В наиболее ответственных элементах, какими являются опорные раскосы, запасы составляют от 9 до 72,2 %, в верхних поясах запасы находятся в пределах от 31,9 до 78,6 %, в нижних — от 21,9 до 66,2 %, в остальных элементах — от 20,1 до 80 %.

На обогатительных фабриках № 3, 14, 12, в отдельных случаях используются балки покрытия, резервы несущей способности в которых составляют от 20,5 до 78,5 %.

Балки перекрытий. При обследовании данного элемента каркаса было установлено, что он является самым повреждаемым среди остальных. Всего осмотрами охватывалось 60–80 % конструкций. Анализ результатов расчетов с учетом коррозионных повреждений выявил минимальные запасы несущей способности: для балок площадок ОФ № 3 — от 0 до

Таблица 1. Сводные результаты проверочных расчетов элементов каркаса обогатительных фабрик (ОФ)

ОФ	Объект	Напряжение в элементах, % расчетного сопротивления материала		
		Колонны (стойки)	Балки покрытия	Балки перекрытия
№ 3	Главный корпус (до реконструкции)	37,3	—	16,5–249,7
	Узел выгрузки ККД	64,3	75,7	—
	Галерея	85,2	41	28,3
№ 8	Главный корпус	69,6–93,6	68,6	89,3
№ 12	Главный корпус	87,1–99	60,9	40,1–99
	Корпус приводных станций	28,2	—	—
	Корпус крупного дробления	31,9	—	1,6–87,3
	Надземная галерея	59,6–89,5	37,7	27,9–32
№ 14	Главный корпус	56,8	41,5	38,5–52,1
№ 15	Главный корпус	71,8	—	—
№ 16	Главный корпус (исключая доводку)	62,9	54,5–82,6	9,3–81,1
	Цех доводки	73	39,5	66,2
	Корпус крупного дробления (ККД)	65,7	52,4–79,1	78
	Эстакада ККД	51,3	79,5	46,6–81,6

Таблица 2. Сводные результаты проверочных расчетов стропильных ферм обогатительных фабрик

ОФ	Объект	Напряжение в элементах стропильных ферм, % расчетного сопротивления материала				
		Опорные раскосы	Верхний пояс	Нижний пояс	Раскосы	Стойки
№ 3	Корпус крупного дробления (ККД)	83,5	56,4	40,0	57,9	24,5
№ 8	Главный корпус	90,1	62,4	78,1	79,5	66,4
№ 12	Главный корпус	83,7	68,1	78,0	60,1	54,8
	Корпус приводных станций	27,8	21,6	33,8	72,9	23,7
	ККД	26,3	22,2	11,6	13,0	19,7
№ 15	Главный корпус	46,8	31,2	36,7	20,8	—
№ 16	Главный корпус (исключая доводку)	39,3	32,3	58,1	29,1	28,9
	ККД	57,3	55,7	34,7	—	—

70 %, ОФ № 16 — от 18,1 до 80,7 %, ОФ № 8 — от 10,7 до 50,1 %, ОФ № 14 — от 47,9 до 61,5 %, ОФ № 12 — от 0 до 59,9 % (см. табл. 1), Расчеты показали, что несущая способность конструкций, с учетом коррозионных потерь, для значительно прокорродированных конструкций не сохранена. При проверке с учетом коррозионного износа, когда сечение балок снижается на 40–50 %, балки перекрытия работают с перенапряжениями и в некоторых случаях превышения достигают 150 %. Расчет этих же балок без учета коррозии показывал на достаточные запасы по несущей способности.

Заключение

По результатам выполненного анализа напряженно-деформированного состояния следует отметить, что в целом строительные конструкции зданий обогатительных фабрик АК «АЛРОСА» обладают достаточными резервами несущей спо-

собности, позволяющими при стабильных условиях и незначительных отступлениях от проекта и требований нормативных документов, сохранять их несущую способность и эксплуатационную пригодность.

Основным фактором снижения несущей способности конструкций является коррозионный износ, который в ряде случаев привел к исчерпанию несущей способности конструкций и пригодности их к нормальной эксплуатации. Интенсивной коррозии подвержены конструкции обогатительных фабрик более раннего периода постройки — № 3, 8, 12. Наиболее повреждаемыми конструкциями при коррозии металла являются балки перекрытий. Балки, имея горизонтальное расположение, способствуют максимальному удержанию влаги на поверхностях, контактирующих с внешней средой. Особенно сильно влияние коррозии отражается на второстепенных балках, обладающих немассивным поперечным сечением.

Хотя колонны менее подвержены коррозии ввиду вертикальной ориентации и большей массивности, отмечаются случаи практически полного отсутствия у них запасов прочности (ОФ № 12). Кроме того, интенсивный коррозионный износ колонн ОФ № 12, особенно в участках сопряжения с железобетонными перекрытиями, заставил специализированные организации установить предельно допустимые уровни коррозионного износа, которые составили в основном 4–5 мм; уже имеются конструкции, где дальнейшая коррозия недопустима (участки рудоподготовки и измельчения).

Вместе с тем обогатительные фабрики более раннего периода постройки, в которых наблюдается интенсивный коррозионный процесс, имели больший первоначальный запас прочности, заложенный действовавшими тогда нормативными документами. Дополнительным фактором, обусловившим значительные запасы несущей способности, стало проектирование первого крупнейшего объекта — ОФ № 3 — как экспериментальной стройки. Тем не менее во многих элементах вследствие интенсивной коррозии резервы несущей способности исчерпываются.

Для несущих конструкций фабрик более позднего периода постройки характерны меньшие резервы несущей спо-

собности, обусловленные развитием норм проектирования. Данное обстоятельство следует учесть при дальнейшей эксплуатации зданий обогатительных фабрик. Необходимо вести постоянный контроль за процессом коррозии металла в целях недопущения развития коррозии до критических величин.

Контроль уровня снеговых и ветровых нагрузок на каркасы обогатительных фабрик позволит повысить эксплуатационную надежность конструкций зданий и сооружений в течение всего срока службы. Предварительные расчеты показывают, что материалоемкость несущих конструкций при этом снизится до 20 %.

Таким образом, наиболее полное представление о фактической работе элементов здания можно получить в результате проведения их натурных испытаний и определения фактических перемещений и напряженно-деформированного состояния. Учет реальных условий работы сооружения, построенного по старым нормам, может дать существенный резерв несущей способности конструкций. Вместе с тем в зданиях, построенных по современным нормам, запасы снижены, и незначительные дефекты и повреждения могут привести к перенапряжениям конструкций.

Библиографический список

1. *Посельский Ф. Ф.* Усиление конструкций зданий : учеб. пособие. — Якутск : Изд-во ЯГУ, 1995. — 196 с.
2. *Филиппов В. В.* Вопросы надежности и совершенствования строительных конструкций : сб. науч. тр. — Якутск : Изд-во ЯГУ, 1996. — 174 с.
3. Рекомендации по оценке несущей способности металлических конструкций производственных зданий с учетом особенностей эксплуатации. — Якутск : ИФТПС ЯНЦ СО РАН СССР, 1989. — 32 с.
4. СП 16-13330-2011. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II.23-81*. — М. : Стандартинформ, 2011. — 177 с.
5. СП 56.13330.2011. Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001. — М. : Стандартинформ, 2011 г. — 22 с.
6. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений : Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ (с изм., вступившими в силу с 01.09.2013) ; принят Гос. Думой 23.12.2009 ; одобрен Советом Федерации 25.12.2009.
7. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. — М. : Стандартинформ, 2014. — 92 с.
8. СП 20-13330-2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. — М. : Стандартинформ, 2011. — 96 с.
9. Здание главного корпуса обогатительной фабрики № 14 (УО в осях А'-А. 1-17; Б-Е. 1-17 и УРП в осях Ж-М. 1-17) Айхальского ГОКа АК «АЛРОСА» (ОАО) : заключение экспертизы промышленной безопасности №01/13-1-ЭЭС / 000 «НПО «Надежность» ; исполн. : В. С. Суплецов, А. Г. Алексеенко. [и др.]. — Якутск, 2013. — 224 с.
10. Здание главного корпуса (участок рудоподготовки (УРП)) обогатительной фабрики № 12 Удачинского ГОКа АК «АЛРОСА» (ОАО) : заключение экспертизы промышленной безопасности № 01/13-3.1-ЭЭС / 000 «НПО «Надежность» ; исполн. : В. С. Суплецов, А. Г. Алексеенко [и др.]. — Якутск, 2013. — 206 с.
11. ТСН 20.301-97. Нагрузки и воздействия (Снеговые нагрузки). — Якутск, 1998. — 18 с.
12. *O'Rourke M., Koch P., Redfield R.* Analysis of roof snow load case studies: Uniform load. CRREL Report 83-1. Washington, D. C., 1983. — 32 p.
13. *Slindwood B., Redfield R.* Ground snow load for structural design // Journal of Structural Engineering. 1983. Vol. 109(4). P. 950–964 p.
14. *O'Rourke M., Stiefel U.* Roof snow loads for structural design // Journal of Structural Engineering. 1983. Vol. 109(7). P. 1527–1537.
15. *Sack R. L.* Snow loads on sloping roofs // Journal of Structural Engineering. 1988. Vol. 114(3). P. 501–517.
16. *O'Rourke M., Galanakis I.* Roof snowdrifts due to blizzards // Journal of Structural Engineering. 1990. Vol. 116(3). P. 641–658.
17. International Building Code (IBC). 2009. — 676 p.
18. EN 1991-1-3:2003 Eurocode 1 — Actions on structures. Part 1–3: General actions — Snow loads. 2009. — 62 p.
19. National building code of Canada. NBCC. 2010. — 1222 p. **ЭК**

«GORNYI ZHURNAL»/«MINING JOURNAL». 2016. № 9. pp. 69–74
DOI: dx.doi.org/10.17580/gzh.2016.09.14

Calculation of load-bearing capacity of structural units at processing plants of ALROSA

Information about authors

F. F. Poselsky¹, Head of a Chair, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences

A. G. Alekseenko¹, Head of a Sector, Candidate of Engineering Sciences

V. S. Supletsov¹, Head of Laboratory, lab.nsk.82@mail.ru

¹ Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

Abstract

With a view to estimating spare capacity, stress state of structural units at processing plants of ALROSA Company is analyzed using data of stress observations from 1980 to 2014. The load-bearing capacity estimation takes into account criteria of actual fastening of the structures, actual cross-section dimensions and strength characteristics of materials the structures are made of. It is found that the structural units at processing plants possess sufficient load-bearing capacity and spare capacity to carry load and keep service ability under stable conditions and in case of minor deviation from the design and standards and norms. The main factor to reduce load-bearing capacity of the structures is the corrosive wear that has depleted capacity and serviceability of a few structures. At the same time, long-standing processing plants, which now suffer from the intensive corrosion wear, had higher safety factor in line with the norms and standards effective

that time. The load-carrying structures of recent construction have lower spare capacity set by the new design standards. This circumstance should be taken into account when continuing operation of buildings at processing plants.

Thus, a more complete knowledge on actual operation of processing plant buildings can be gained from in situ testing and determination of actual displacements and stresses. Estimate of capacity of a structure built under old design standards with regard to actual operating conditions may yield a considerable margin in the load-bearing capacity of the structure. At the same time, the buildings constructed under the modern standards have reduced spare capacity and insignificant defects and damage can result in structural overstressing.

Keywords: longevity, strength, operating environment, corrosion wear, spare, load-bearing capacity, loads and impact, stress-strain state, calculation model, processing plant.

References

1. Poselskiy F. F. Building structure strengthening : tutorial. Yakutsk : Publishing House of Yakutsk State University, 1995. 196 p.
2. Filippov V. V. *Issues of reliability and improvement of building structures : collection of scientific proceedings.* Yakutsk : Publishing House of Yakutsk State University, 1996. 174 p.
3. Recommendations for the assessment of the bearing capacity of metallic constructions of industrial facilities taking into account the exploitation peculiarities. Yakutsk : Institute of Physical-Technical Problems of North of Yakutsk Scientific Center of the Siberian Branch of USSR Academy of Sciences, 1989. 32 p. (in Russian)
4. Sanitary Rules SP 16-13330-2011. Steel constructions. Actualized redaction of Sanitary Rules and Regulations II.23-81*. Moscow : Standartinform, 2011. 177 p. (in Russian)
5. Sanitary Rules SP 56.13330.2011. Industrial tasks. Actualized redaction of Sanitary Rules and Regulations 31-03-2001. Moscow : Standartinform, 2011. 22 p. (in Russian)
6. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/ (in Russian)
7. State Standard GOST 31937-2011. Buildings and constructions. Rules of inspection and of the technical condition. Moscow : Standartinform, 2014. 92 p. (in Russian)
8. Sanitary Rules SP 20-13330-2011. Loads and impacts. Actualized redaction of Sanitary Rules and Regulations 2.01.07-85*. Moscow : Standartinform, 2011. 96 p. (in Russian)
9. Main building of the concentration plant No. 14 of Aikhal Division of "ALROSA" JSC : conclusion of the industrial safety examination No. 01/13-1-33C. LLC "Scientific and Production Association "Nadezhnost". V. S. Supletsov, A. G. Alekseenko et al. Yakutsk, 2013. 224 p.
10. Main building (ore preparation site) of the concentration plant No. 12 of Udachny Division of "ALROSA" JSC: conclusion of the industrial safety examination No. 01/13-3.1-33C. LLC "Scientific and Production Association "Nadezhnost". V. S. Supletsov, A. G. Alekseenko et al. Yakutsk. 2013. 206 p.
11. TSN 20.301-97. Loads and impacts (Snow loads). Yakutsk, 1998. 18 p. (in Russian)
12. O'Rourke M., Koch P., Redfield R. Analysis of roof snow load case studies: Urnform load. *CRREL Report 83-7*. Washington, D. C., 1983. 32 p.
13. Sillindwood B., Redfield R. Ground snow load for structural design. *Journal of Structural Engineering*. 1983. Vol. 109(4). pp. 950-964.
14. O'Rourke M., Stiefel U. Roof snow loads for structural design. *Journal of Structural Engineering*. 1983. Vol. 109(7). pp. 1527-1537.
15. Sack R. L. Snow loads on sloping roofs. *Journal of Structural Engineering*. 1988. Vol. 114(3). pp. 501-517.
16. O'Rourke M., Galanakis I. Roof snowdrifts due to blizzards. *Journal of Structural Engineering*. 1990. Vol. 116(3). pp. 641-658.
17. International Building Code (IBC). 2009. 676 p.
18. EN 1991-1-3:2003 Eurocode 1 — Actions on structures. Part 1-3: General actions — Snow loads. 2009. 62 p.
19. National building code of Canada. *NBCC*. 2010. 1222 p.

