

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

АРТЕМОВ Игорь Львович

УДК 622.674

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ
АРМИРОВКИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ
СТВОЛОВ

Специальность 05.15.04 - "Шахтное строительство"

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск-1992



00360352 (J)

Работа выполнена в Научно-исследовательском
горнорудном институте (НИИГР)

Научный руководитель - доктор технических наук,
профессор
МАКСИМОВ А.П.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,
профессор
ПАРЧЕВСКИЙ Л.Я.

кандидат технических наук,
доцент
ДОРЖИНКЕВИЧ И.Б.

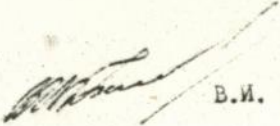
Ведущее предприятие - ПО "Кривбассруда"

Защита диссертации состоится "10" ДЕКАБРЯ 1992 г.
в 14⁰⁰ час. на заседании специализированного совета
Д 068.08.03 при Днепропетровском горном институте
им. Артема по адресу: 320014, г.Днепропетровск - 14,
пр. К. Маркса, 19, горный институт

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
института.

Автореферат разослан "___" _____ 1992 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
докт. техн. наук, профессор


В.И. БОНДАРЕНКО

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Вертикальные стволы глубоких железорудных шахт являются одним из наиболее сложных, ответственных и дорогостоящих горно-технических сооружений, рассчитанных на длительный срок служб. Однако, как показала практика Кривбасса и других железорудных бассейнов, в среднем уже через 15-20 лет, в зависимости от условий эксплуатации, оборудование шахтных стволов и особенно их армировка в результате механического и коррозионного износа на отдельных участках теряют предусмотренную проектом несущую способность. При дальнейшей эксплуатации процесс "старения" армировки начинает протекать все более интенсивно. Это создает аварийные ситуации и приводит к ограничению скорости подъема по сравнению с проектной, а иногда к необходимости временной остановки подъема для устранения наиболее явных нарушений.

Традиционные способы надзора за состоянием стволов и их армировки, не позволяют оперативно с достаточной объективностью получать необходимую информацию о состоянии элементов армировки и плавности движения подъемных сосудов по стволу. Однако, лишь имея объективные диагностические данные можно оценить текущее состояние системы "подъемный сосуд-армировка", установить эффективные и безопасные режимы эксплуатации подъемов, выполнить прогноз развития происходящих в системе процессов. Решению этих задач посвящена настоящая диссертационная работа.

АНС им. В. Стефанюка
АН УРСР

Цель - повышение надежности работы вертикальных шахтных стволов на основе результатов диагностики состояния системы "подъемный сосуд-армирование".

Идея работы заключается в использовании специально разработанной методики и теории надежности для определения состояния армировки и условий дальнейшей ее эксплуатации.

Методы исследований. В работе использован комплексный метод исследований, включающий анализ и обобщение современного состояния вопросов контроля и оценки состояния системы "подъемный сосуд-армирование"; проведение инструментальных измерений динамических нагрузок в промышленных условиях с применением методов тензометрии; натурные измерения износа элементов армировки с помощью ультразвукового толщиномера, штангенциркуля; экспериментальные исследования геометрических параметров проволочек в промышленных условиях с помощью маркшейдерских инструментов; теоретическое обобщение результатов экспериментов с помощью методов статистики; расчет и оценка элементов армировки с помощью методов строительной механики и теории надежности.

Научные положения, защищаемые в диссертации:

- заужение ширины колеи проводников приводит к росту величин динамических нагрузок по линейному закону, взаимное боковое смещение проводников влияет на величину динамических нагрузок по квадратичному закону, учет этих изменений при выполнении профилактических ремонтных работ позволяет улучшить плавность движения подъемных сосудов;

- динамические нагрузки, на потенциально опасном участке возрастают с течением времени по квадратичному закону, что позволяет своевременно выполнить прогноз эксплуатационной надежности армировки.

Научная новизна диссертации заключается:

- в определении характера влияния на надежность армировки основных видов отказов, дана их классификация по трем категориям;

- в установлении закономерностей влияния геометрических параметров проводников на динамические нагрузки, влияние глубины ствола на износ элементов армировки;

- в разработке методики диагностики отказов и оценки надежности армировки.

Практическое значение работы. Предлагаемые средства, методы диагностики и оценки надежности армировки позволяют оперативно с достаточной объективностью выполнять техническое обслуживание вертикальных шахтных стволов большой глубины, своевременно осуществлять необходимые ремонтно-восстановительные работы, устанавливать эффективные и безопасные режимы подъемов.

Реализация результатов исследований. Результаты исследований использованы при выборе эффективного и безопасного режима работы скипового подъема ствола №3 шахты им. Глубина комбината "КМАрупа", при разработке мероприятий по обеспечению дальнейшей эксплуатации стволов шахт "Октябрьская", "Родина", им. В.И.Ленина ПО "Кривосассрупа".

Фактически годовой экономический эффект от реализации результатов работы составил 130 тыс.руб.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается:

корректным применением положений теории надежности, теории вероятностей и математической статистики; сходимостью (с погрешностью не более 10-15%) результатов аналитических и натурных исследований; достаточно большим объемом статистических данных, полученных в результате промышленных экспериментов; положительным опытом внедрения результатов исследований в производство.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы обсуждены и одобрены на республиканском семинаре "Пути повышения эффективности и безопасности эксплуатации глубоких шахтных стволов" (г.Кривой Рог, 1987 г.), научно-практическом семинаре "Оценка работоспособности армировки и выбор режимов эксплуатации подъемов глубоких шахтных стволов с использованием ЭВМ" (г.Кривой Рог, 1991 г.), научном семинаре при кафедре строительства шахт и подземных сооружений Днепропетровского горного института им. Артема (г.Днепропетровск, 1992 г.).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано четыре работы.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, изложенных на 122 страницах машинописного текста, содержит 19 рисунков, 6 таблиц, список литературы из 88 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении отмечается актуальность работы, сформулированы научные положения и результаты, определены цель и задачи исследований, отмечена практическая значимость.

В первой главе выполнен обзор современных средств, методов исследований и оценки состояния жесткой армировки вертикальных шахтных стволов.

В отличие от простых инструментальных приспособлений созданы приборы, позволяющие в автоматическом режиме, при относительно малых затратах времени, оперативно получать информацию о состоянии элементов системы "подъемный сосуд-армировка".

Существующие методы инструментального контроля можно разделить на две взаимосвязанные группы: а) маркшейдерский контроль;

б) динамический контроль состояния армировки.

Начало теоретических исследований процессов в системе "подъемный сосуд-армировка" было положено работой Л.Г.Медведева. Он впервые корректно поставил задачу и правильно дал оценку динамических процессов в системе.

Дальнейшее развитие теоретических основ процессов взаимодействия подъемного сосуда с армировкой было сделано в работах С.А. Залесова, Н.Г. Гаркуши, В.И. Дворникова, А.П. Ветрова, И.В. Баклашова.

Значительный вклад в исследования процессов в системе "подъемный сосуд-армировка", а так-же в разработке новых конструкций армировки был сделан В.Н. Борисовым, И.Б. Доржинкевичем, А.Е. Гавруцким, Ю.Г. Исполовым, Е.К. Керским,

Ю.Г. Крупником, А.А. Храмовым и др.

Выполненный обзор показал, что отечественными и зарубежными учеными созданы различные средства и методы исследований процессов происходящих в системе "подъемный сосуд-армирование". При расчете жесткой шахтной армировки применяются различные методические подходы. Среди них методы расчета по предельным состояниям, по допустимым напряжениям, а также методы с применением коэффициентов запаса.

Однако напряжения, предельные нагрузки, деформации это лишь частичное решение задачи, конечным результатом расчета должно быть решение вопроса о надежности и долговечности армировки.

Работоспособность армировки действующих шахт наиболее полно характеризуется надежностью $P(t)$, которая является функцией времени эксплуатации и определяется как вероятность безаварийной работы армировки в течении данного периода эксплуатации.

Современная теория надежности - общетехническая наука. Она дает систему понятий и терминологию, которые одинаково применимы к системам любой природы и любого назначения.

Во многих конкретных областях техники разрабатываются прикладные теории надежности (авиация, транспортные машины, судовые установки, вычислительная техника и т.д.). При этом разрабатываются новые положения, методы и приемы, которые отражают специфику данного вида техники. Однако прикладные работы по надежности жесткой шахтной армировки еще пока не получили должного развития.

В этой связи возникает необходимость в решении ряда

задач:

определить возможность применения методов теории надежности для оценки эксплуатационного состояния армировки;

определить характер и степень влияния основных видов отказов на надежность жесткой шахтной армировки;

установить закономерности изменения процессов в системе "подъемный сосуд-армировка" во время эксплуатации;

разработать метод диагностики и оценки надежности жесткой армировки вертикальных шахтных стволов, длительное время находящихся в эксплуатации;

установить функциональную зависимость надежности жесткой шахтной армировки от основных влияющих факторов.

Вторая глава посвящена анализу отказов жесткой шахтной армировки, определению влияния динамических нагрузок и нарушений геометрических параметров проводников на надежность армировки.

Применительно к жесткой шахтной армировке отказами следует считать:

непредусмотренные динамические нагрузки, возникающие при движении подъемных сосудов по стволу;

нарушения геометрических параметров проводников и расстрелов (ширина колеи и боковые смещения проводников, изменения стыковых зазоров между проводниками, деформации расстрелов);

износ элементов армировки, в результате воздействия на расстрелы и проводники абразивно-агрессивной среды;

аварийные ситуации, носящие в основном характер выхода подъемных сосудов из направляющих (проводников).

Отказы в системе "подъемный сосуд-армировка" можно разделить на три категории.

К первой категории следует отнести отказы, которые можно устранить без значительных материальных и временных затрат, это: динамические нагрузки, изменения ширины колеи, боковые смещения и стыковые зазоры проводников.

Ко второй категории отказов следует отнести отказы, лимитирующие ресурс эксплуатации элементов армировки в целом. Отказами этой категории следует считать коррозионный и механический износ расстрелов и проводников, а также процессы накопления остаточных деформаций в элементах армировки.

К третьей категории отказов жесткой шахтной армировки следует отнести аварийные ситуации в системе "подъемный сосуд-армировка".

В результате исследований влияния на надежность армировки отказов отнесенных к первой категории установлены зависимости:

зависимость влияния фактора времени на величину динамической нагрузки, на потенциально опасном участке;

зависимость влияния заужения колеи проводников на величину динамической нагрузки, рис. 1;

зависимость влияния взаимного бокового смещения проводников на величину динамической нагрузки, рис. 2.

В третьей главе исследован характер и влияние отказов второй и третьей категории на надежность армировки.

Анализ и исследования износа проводников и расстрелов армировки выполнены на основе экспериментальных данных полученных в натуральных условиях.

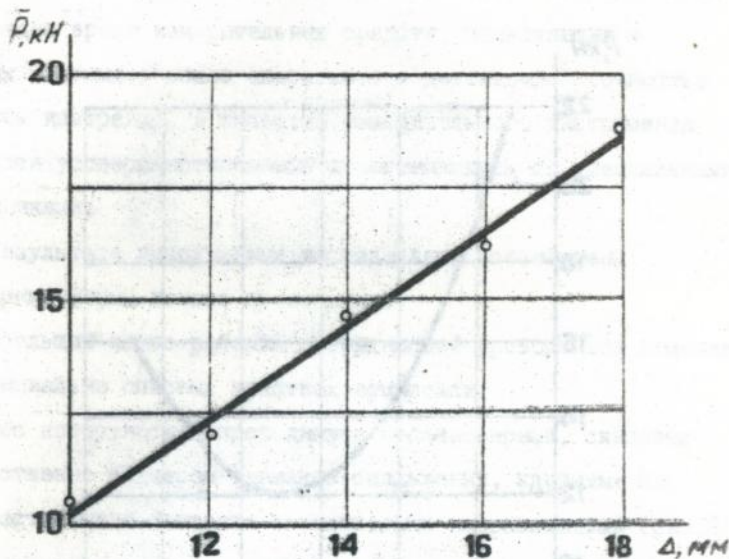


Рис. 1. Зависимость влияния сужения ширины колеи проводников на величину нагрузки.

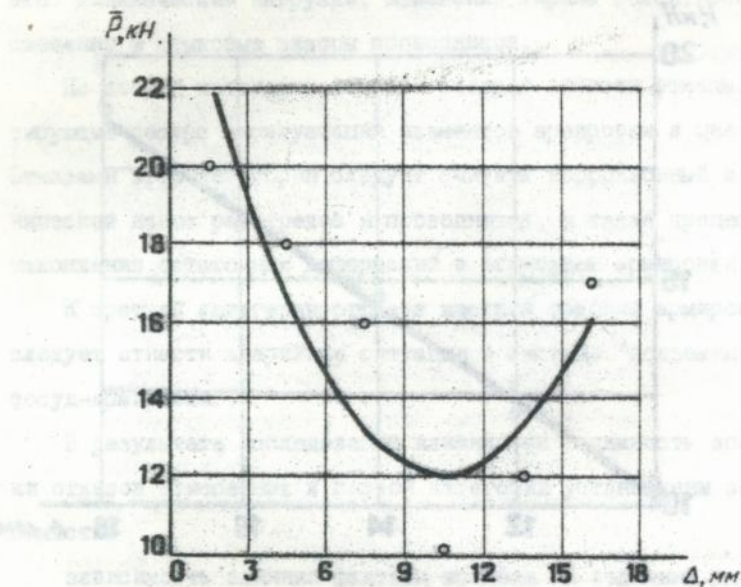


Рис. 2. Зависимость влияния взаимного бокового смещения проводников на величину нагрузки.

Работы по измерениям износа проводников выполнялись с использованием аппаратуры, разработанной НИГРИ, позволяющей измерять суммарный боковой износ проводников автоматически по всей длине проводников.

При исследовании износа расстрелов, исходя из отсутствия в настоящее время измерительных средств, позволяющих в условиях шахтных стволов оперативно с достаточной точностью выполнять измерения, в качестве измерительного инструмента применялся усовершенствованный штангенциркуль со специальными наконечниками.

В результате выполненных исследований установлены характерные формы износа проводников:

наибольший износ рабочих поверхностей проводников отмечен на потенциально опасных участках армировки;

износ поверхностей проводников неравномерный, скиповых-соответственно размером башмаков скольжения, клетевых по линии постоянного контакта с роликовыми направляющими (рис.3)

Парный регрессионно-корреляционный анализ полученных экспериментальных данных позволил установить влияние глубины ствола шахты на износ проводников.

Уравнение регрессии вида $y = Dx^3 + Cx^2 + Bx + A$, с коэффициентами корреляции находящихся в пределах 0,96-0,91, с достаточной объективностью позволяет установить влияние глубины ствола на износ проводников.

Результаты измерений износа расстрелов армировки позволили определить различную скорость коррозии по периметру сечения.

На рис. 4 приведены величины скорости коррозионного

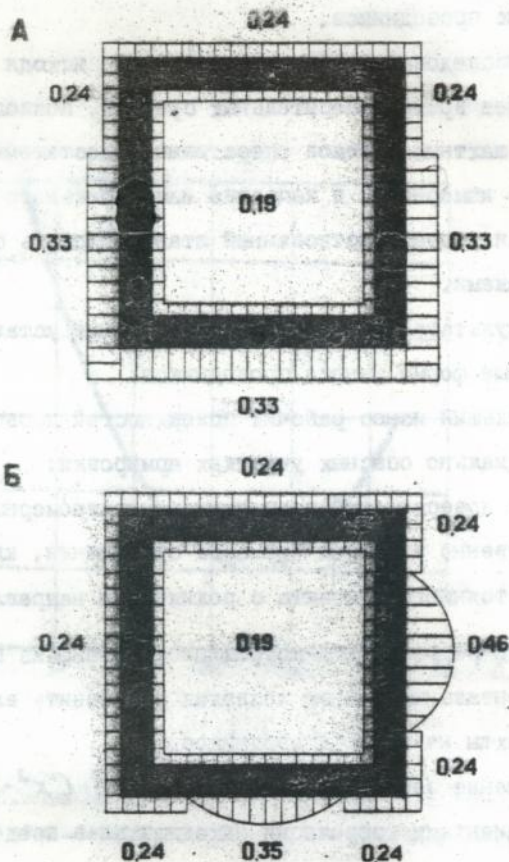


Рис. 3. Эпюры распределения износа по периметру проводников

А - скиповых отделений;

В - клетевых отделений.

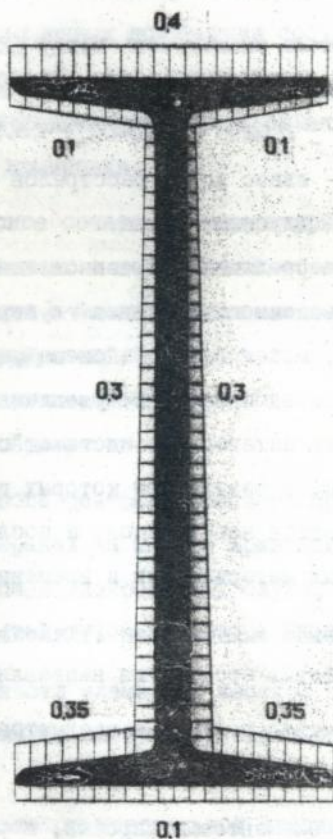


Рис. 4. Эпюры распределения износа по периметру расстрельной балки.

износа в мм/год, а также эюры показывающие распределение износа по периметру сечения расстрельных балок.

Различная скорость коррозионного износа объясняется различной степенью увлажнения и скоростью удаления агрессивных шахтных вод.

Определена также зависимость между глубиной ствола и износом расстрельных балок армировки, которая может быть описана формулой

$$I_a = -0,02h^3 + 0,35h^2 - 1,9h + 10,74, -$$

где I_a - износ яруса расстрелов армировки;

h - глубина ствола.

Коэффициент корреляции полученной зависимости 0,86.

Полученная зависимость влияния глубины ствола на износ расстрельных балок, может быть объяснена различной степенью минерализации шахтных вод Кривбасса, увеличивающийся с глубиной.

Отказы третьей категории в системе "подъемный сосуд-армировка" - это аварии, в результате которых дальнейшая безопасная эксплуатация становится невозможной, а последствия таковы, что требуют значительных материальных и временных затрат.

Причинами аварий в стволах могут быть:

- выход подъемных сосудов из направляющих;
- падение в ствол различных предметов, повреждающих в результате падения элементы армировки;
- разрушение элементов армировки, в результате наступления предельного состояния.

В четвертой главе приведены методики диагностики отказов и оценки надежности, сформулирована возможность вероятностного прогноза ресурса шахтной армировки. Определена эффективность исследования надежности жесткой армировки.

Современные условия эксплуатации глубоких вертикальных шахтных стволов, оснащенных подъемными сосудами грузоподъемностью 35 и 50 т, таковы, что существующие требования к проведению контроля не позволяют сделать объективные выводы о надежности элементов армировки.

Лишь комплексное сочетание аппаратурных наблюдений, анализа и оценки, позволяет с необходимой объективной достаточностью сделать выводы о эксплуатационном состоянии системы "подъемный сосуд-армировка".

В результате исследования предложены две схемы диагностики отказов жесткой армировки.

Опыт длительного централизованного применения аппаратурных средств измерений на шахтах Кривбасса показал необходимость создания специализированных служб, способных оперативно и качественно выполнять необходимые измерения.

Оценку надежности элементов жесткой шахтной армировки целесообразно выполнять соответственно двум схемам диагностики отказов.

Оценка результатов контрольной диагностики носит характер констатации выявленных отказов армировки. Результаты расчетов в этом случае показывают, какой надежностью обладает армировка вертикального шахтного ствола на стадии ее эксплуатации.

Инж. В. Стефаненко
АН УРСР

Расчет статистической оценки надежности выполняется по

формуле:
$$\check{D}(t) = [N - n(t)] / N.$$

где $n(t)$ - число элементов армировки с отказами к моменту времени t ;

N - общее количество элементов армировки.

Расчет надежности армировки по результатам специальной диагностики отказов состоит из расчета предельно-допустимой величины напряжения или нагрузки с учетом износа элементов армировки и характера динамического воздействия подъемных сосудов.

Статистическую оценку надежности по результатам специальной диагностики можно выполнить по формуле:

$$\check{D}(t) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^3 (m_1 + m_2 + m_3)}{\sum_{i=1}^n n}, \quad (2.1)$$

где $\check{D}(t)$ - статистическая надежность жесткой шахтной армировки;

m_1, m_2, m_3 - количество отказов первой, второй и третьей категории;

n - общее количество элементов жесткой шахтной армировки.

Расчет жесткой шахтной армировки целесообразно выполнять в соответствии с требованиями СНиП, для металлических конструкций по предельным состояниям.

Основываясь на результатах выполненных исследований можно предложить уровни надежности соответственно трем категориям отказов.

Для отказов 1-й категории $R_n \geq 0,9 - 0,95$

Для отказов 2-й категории $R_n \geq 0,95 - 0,99$

Для отказов 3-й категории $R_n \geq 0,999$

Полученные эмпирические зависимости трансформируются в линейные и сложный вопрос предсказания предельных значений, при известной тенденции их изменения во времени, сводится к простой процедуре линейного регрессионного анализа.

Эффективность исследования надежности армировок вертикальных шахтных стволов — комплексное сочетание положительных эффектов, охватывающих экономические и социальные стороны вопроса.

Результаты исследования надежности армировок шахт Кривбасса, позволили получить годовой экономический эффект в сумме 130 тыс. рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа является самостоятельной законченной научно-исследовательской работой.

В диссертационной работе предложен комплексный подход к решению задач обеспечения безопасной и эффективной работы жестких шахтных армировок, при котором сочетается применение вероятностных и детерминистических расчетов.

Показана возможность использования положений теории надежности в решении задач связанных с оценкой жесткой армировки.

Основные научные и практические результаты выполненных исследований заключаются в следующем:

I. Определены характер и степень влияния на надежность армировки основных видов отказов, дана их классификация по трем категориям.

2. Определены зависимости основных влияющих на надежность армировки факторов.
3. Обоснована необходимость диагностики состояния армировки специализированным подразделением.
4. Разработаны методики диагностики и оценки надежности армировки.
5. Полученные зависимости, позволяют осуществлять прогнозирование индивидуального остаточного ресурса армировки.

Внедрение результатов исследований позволило получить экономический эффект за счет экономии материальных и энергетических ресурсов, а также социальный эффект за счет повышения безопасной эксплуатации вертикальных стволов шахт и их подъемных установок.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В
СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

1. Гавруцкий А.Е., Артемов И.Л. Оценка состояния и работоспособности армировки ствола № 3 шахты им. Губкина после реконструкции подъема // Горный журнал. - 1987. - № 4. - с.34-36.
2. Гавруцкий А.Е., Артемов И.Л., Квартук М.А., Лапшин В.В. Комплексные исследования армировки рудоподъемного ствола // Горный журнал. - 1988. - № 12. - с.36-38.
3. Методический подход к оценке жесткой армировки ствола, длительное время находящегося в эксплуатации / А.Е.Гавруцкий, И.Л.Артемов, М.А.Квартук // Совершенствование горно-рудного производства, - Кривой Рог : НИПРИ, 1990. - с.81-83.

4. Гавруцкий А.Е., Артемов И.Л. Оценка надежности шахтной армировки с учетом ее "старения" //

Подземное и шахтное строительство. - 1992. - № 1. - с.24-27.

1. ...
2. ...
3. ...
4. ...
5. ...
6. ...
7. ...
8. ...
9. ...
10. ...
11. ...
12. ...
13. ...
14. ...
15. ...
16. ...
17. ...
18. ...
19. ...
20. ...
21. ...
22. ...
23. ...
24. ...
25. ...
26. ...
27. ...
28. ...
29. ...
30. ...
31. ...
32. ...
33. ...
34. ...
35. ...
36. ...
37. ...
38. ...
39. ...
40. ...
41. ...
42. ...
43. ...
44. ...
45. ...
46. ...
47. ...
48. ...
49. ...
50. ...
51. ...
52. ...
53. ...
54. ...
55. ...
56. ...
57. ...
58. ...
59. ...
60. ...
61. ...
62. ...
63. ...
64. ...
65. ...
66. ...
67. ...
68. ...
69. ...
70. ...
71. ...
72. ...
73. ...
74. ...
75. ...
76. ...
77. ...
78. ...
79. ...
80. ...
81. ...
82. ...
83. ...
84. ...
85. ...
86. ...
87. ...
88. ...
89. ...
90. ...
91. ...
92. ...
93. ...
94. ...
95. ...
96. ...
97. ...
98. ...
99. ...
100. ...

Ab 26.141

Ab 26.141