

?????? ?????E, ?????? ??? ?????????? ?????????? ?????? ?????? ?????? ??????, ? ??? ? ?? ?
 ?????????????????, ??????? ?? ?????????? ?????????? ??????? ? ?? ??? ????? ????? ??????????????. ?? ???
 ?? ??????????????? ?? ?????, ? ?? ??????????????? ?????????? ??????, ??? ????? ?. ?. ? ?????, ??????? ??
 ??????? ??????. ?????? ?????? ?????????? ?? ??????? ??????, ??? ??? ?? ?????????????? ?????????
 ?????????????? ????? (?????????) ? ????? ?????? ??? ?????????????? ?????????? (????????), ? ? ?????? ??
 ??????? ?????????????? ??????. ????????????????? ?. ?. ?????? ?? ?? ?????? ?????????? ??????? ??? ?????
 ??? ?????????????????? (?????? ??????? ??????? ? ?????? ?????? ??????????????) ? ??????????????????
 (???????? ??????? ?????????????? ?????????? ??????). ?. ?. ?? ?????? ?? ?????????????? ?????? ?????? ??? ?? ??:
 ?????? ?? ?????? ?????? ?????????????? ?????????????? ?????? (?????, ???????????), ?????? ?? ?????? ??????
 ?????????????? ?????????????? ?????? (?????????, ?????????????? ?? ??????????? ?? ?????? ??????) ? ?????? ??
 ?????? ?????????????? ?????????????????? ?????? (? . ?. ?? ?????? ??????????, ??????? ?????????????? ?????????? ?
 ??.). ? ?????? ?????? ?????? ?? ?????? ??????? ?????????????? ?????????????? ??????????????, ? ??? ???? ??
 ?????? ?? ?????? ?????? ??????. ?. ?. ?? ?????? ?? ?????????????? ?????? ?????? ?????????????????? ??? ? ?
 ????? ? ??????. ?????? ?? ?????????? ?????????????? ?????????, ?? ?? ?????????? ?????? ??????????. ?????? ??
 ??????????? ??????? ??????? ?????????????????? ?????????? ?????????????????? ??? ??? ??, ?? ??????? ?? ???????
 ??????? ???????, ?????? ??????????? ? ?? ??? ?. ?. ?? ?????? ?? ?????? ??????????. ??????????????????
 ??????? ??????? ?????????????????? ?? ? ??????? ??????????? ??????? (?????? ?? ??????? ??????????????)
 ????????? ? ?????????????????????? ??????? ?????????????? ??????? ?????????), ??????? ?????????????????? ???????
 (?????? ?? ?????? ?????????? ??????, ?????????????? ?????? ?????????????? ?????? ?????? ? ?????? ?????????????
 ??????? ??????) ? ??????? ?????????????????????? ???????, ?????????????? ? ?????????????????????? ???????
 (?????????).

[illegible]

2. 2. ? ????? ? ?????? ????? ????? ?????????????? ?????????? ? ??????????. ?????? ?????, ?????????? ?
 ?????? ? ??? ? ?????? ?????????????? ?????????? ??? ? ? ????????? ? ?????? ??????????. ?????? ??? 1905
 (?????? ?????) ?????? ?? ? ? ?????? ????????? ?????????????? ?????????? ? ?????? ??? ?
 ?????? ??? ? ?????? ????????? XIX ?. ?????? ?????? ?? ?????????? ?????? ????????? ?????? ??
 ???????, ???????????????, ? ?????? ? ?????????? ??????????????. ?????????? ?????? ?????????? ?? 1846. ??
 ?????????? ?????????? ?????? ?????, ????????????? 1863, ? ?????? ?? ?????? ?????????? ??? ? ? ?????? ??
 ?????????????? ?????? ? ?????????? ??????????????: 1873. ????????? ? ????? ? ????????? (???????? ??????),
 1887. ????? ? ????????? (???????? ?????) ? 1895. ?????????? ?????????????? (????? ?????????????). ??

???????? ??????????? ????? ? ?????? ?? ??????? ????????????? ?????????? ?, ???????, **?. ?.** ? ?????? ??
 ?????????? ??????? ?? ?? ?? ???. ?????? ?????????????, ??? ? ? ? ?????????? ?????????? ? ?????????
 ?????? ? ?????? ? ????? ????????????? ????????? ??????? ? ?????-????????? ?????? ? ????????????? 1881. ??
 ?? ??????? ????????? ?? ?????????? ????????????? ??? ?????, ? ????? ????????????? ? ? ??????????????
 ??????? ??????? ??? **?. ?.** ?? ????????? ? ?????-????????? ??????. ? ????????????? ? **?. ?.** ??????????? ??
 ????? ? ? ??????? ?????????? ?????, ?????????? ?? ?? ????? ????????????? ??????????????? ??? ? ? ??
 ?????????.

?? ?????? ????????? ?? ????????? ?????? ????? ?????????? ?????? ?? ?????????? ??????????? ?????????????
?????????????. ?????? ?????????? ?????????? ?????????????? ? ?????????, ????????? ?????????????? ??. ?. ?
????????? ????????? ?????????? ?? ? ?????????? ?????????????? ?? ?????????? ?????????? ?????? ? ?????? ?????,
?????. ?. ? ?????, ? ????????? ? ? ?????????????? ? ?????????.

? ??????? ?? 1990. ?? ?????? (?????? ??????????) ?????? ?????? ??????????????, ?????? ????????? ? ??????
????????????? ?????????? ??????? ?? ?????????????? ?????????????? ??????? ? ?????? ?????????????? ??????? ?? ?????????
????????????? ??. ?. ? ??????. ??? ?????????? ?????????????? ????? ?? ?????????????? ?????????? ? ?????????????????????? ?
????? ?????????? ?????????????????? ?? ??? ??????????????. ??? ? ????????? ?? ?????????? ?????? ?????????????
????????? ? ?????? ?????, ????? ?? ?? ????????? ??????? ?? ?????? ?????????????? ?????????? ??????????????,
????????????? ?????????????????? ?????????? ?????????????? ????????? ? ?????????????, ??????? ?????????????????? ?????????.
?????? ?? ?????????????? ??. ?., ?????? ? ?????????? ??????? ?????????????? ??? ?????????? ?? ?????????, ? ???????
????????????? ?? ? ?? ?????????????? ? ?????????? ?????????????? ??????????? ?? ?????????????? ??? ??????.

?????????????: ?. ?. ???????, ??????? ??????? I, ?? 1980; ??????? ??????? ???????????????, ?? 1982; S. Kalpakjian,
S. Schmid, *Manufacturing Engineering & Technology*, Upper Saddle River, New Jersey 2009.

?????? ?. ??????????

*?????? ?? ?????????? ? 1. ?????? I ???? ?????? ?????????????????? (2010)